



TUGAS AKHIR - TE 141599

**MONITORING ONLINE ARCING SERI TEGANGAN
RENDAH BERBASIS WEB DENGAN ANALISA
IMPEDANSI SALURAN**

Firdaus Fajar Kurniawan
07111340000165

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
Danar Fahmi, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

WEB BASED ONLINE MONITORING OF LOW VOLTAGE SERIES ARCING WITH LINE IMPEDANCE ANALYSIS

Firdaus Fajar Kurniawan
07111340000165

Advisors

Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.

Daniar Fahmi, ST., MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir Saya dengan judul “**Monitoring Online Arcing Seri Tegangan Rendah Berbasis Web dengan Analisa Impedansi Saluran**” adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang Saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2018

Firdaus Fajar Kurniawan
NRP. 07111340000165

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**MONITORING ONLINE ARCING SERI TEGANGAN RENDAH
BERBASIS WEB DENGAN ANALISA IMPEDANSI SALURAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
NIP 19810905 200501 1 002

Daniar Fahmi, ST., MT.
NIP 19890925 201404 1 002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MONITORING ONLINE ARCING SERI TEGANGAN RENDAH BERBASIS WEB DENGAN ANALISA IMPEDANSI SALURAN

Nama : Firdaus Fajar Kurniawan
Pembimbing I : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
Pembimbing II : Daniar Fahmi, ST., MT.

ABSTRAK

Fenomena *arcing* pada sistem tegangan rendah merupakan salah satu penyebab terjadinya bencana kebakaran yang cukup banyak terjadi di dunia. *Arcing* yang timbul pada suatu sistem tegangan rendah jika terus menerus terjadi pada suatu kondisi tertentu yang mendukung, panas yang dihasilkan oleh *arc* dapat memicu timbulnya api, yang akhirnya dapat menyebabkan terjadinya kebakaran. Arus gangguan yang ditimbulkan oleh *arcing* biasanya terjadi dalam durasi yang sangat singkat, sehingga peralatan pengaman seperti *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan *Fuse* tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut. *Arcing* seri, selain durasinya sangat singkat, juga berada pada kisaran arus operasi beban normal, sehingga peralatan pengaman arus lebih tidak dapat mendeteksi adanya gangguan.

Pada penelitian ini sebuah rancangan sistem monitoring peralatan pendeteksi *arcing* seri yang berbasis *web* dipaparkan, disertai dengan analisa impedansi saluran terhadap kinerja pendeteksian. Metode pendeteksian *arcing* dilakukan dengan *peak thresholding* dan *peak counting* sinyal arus yang telah diproses sebelumnya oleh filter *high pass* digital didalam aplikasi LabVIEW. Algoritma yang digunakan pada sistem pendeteksian ini dirancang untuk dapat membedakan 3 kondisi umum pada rangkaian, yaitu kondisi normal, *switching*, dan saat terjadi *arcing* seri berdasarkan karakteristik gelombang arus frekuensi tinggi nya. Kemudian, program LabVIEW dirancang agar dapat berkomunikasi dengan *database* MySQL di *webhost server* yang ada di jaringan internet dengan mengirim data *log* pendeteksian *arcing*, sehingga pendeteksian *arcing* dapat dipantau dari mana saja dan kapan saja oleh pengguna dari *website* monitoring *arcing*.

Kata Kunci: Deteksi *Arcing* Seri, Tegangan Rendah, Monitoring *Online*, Impedansi Saluran.

(Halaman sengaja dikosongkan)

WEB BASED ONLINE MONITORING OF LOW VOLTAGE SERIES ARCING WITH LINE IMPEDANCE ANALYSIS

Name : Firdaus Fajar Kurniawan
1st Advisor : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
2nd Advisor : Daniar Fahmi, ST., MT.

ABSTRACT

An arcing phenomenon in a low voltage system is one of the main causes of fire incidents that occur quite frequently on many countries in the world. An arcing that occurs on a low voltage system if repeatedly occurred for a period of time in a supporting condition, the heat generated could combust any materials near it and starts a fire. The fault current that is caused by the arcing generally has a very short duration, causing any conventional electrical safety equipments like the Miniature Circuit Breaker (MCB) and fuse will not be able to detect and isolate the fault. Series arcing, besides it has a very short duration, its fault current level is also in a level of a normal operating current, and that makes it impossible for any overcurrent safety equipments to detect any fault in the circuit.

In this research a design of an online web based series arcing detection equipment system is explained, including the analysis of line impedance on the detection performance. The method of the arc detection is done by peak thresholding and peak counting of the current signal, that is processed before by a digital high pass filter inside the LabVIEW application. The algorithm used in the detection system is designed to be able to differentiate 3 common conditions in a circuit, namely normal condition, switching, and when series arcing condition occur based on its high frequency current waveform characteristics. Then, the LabVIEW program is designed to be able to communicate with a MySQL database that is located on a webhost server in the internet network by sending arcing detection log, so the arcing detection could be monitored from anywhere and anytime by the user.

Keywords: *Series Arcing Detection, Low Voltage, Online Monitoring, Line Impedance.*

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Saya panjatkan kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tugas akhir yang berjudul “**Monitoring Online Arcing Seri Tegangan Rendah Berbasis Web dengan Analisa Impedansi Jaringan**” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan sarjana pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu Saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan moral dan materiil. Terkhusus mama, terimakasih atas nasehat dan semangat yang diberikan.
2. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT., dan Bapak Daniar Fahmi, ST., MT. selaku dosen pembimbing atas segala ilmu dan waktu yang telah diberikan untuk membimbing Saya hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc., selaku kepala Laboratorium Tegangan Tinggi atas peminjaman fasilitas yang ada di laboratorium untuk mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Partner sesama TA *arcing*, Ikhlas, Wildan, Azmi, Dwika.
5. Pak Bram pemilik bengkel pembuat simulator *arcing* seri untuk TA ini, beralamat di Dharmawangsa Gg.II.
6. Mas Wahyudi, teman-teman asisten lab TT, dan pihak-pihak lainnya yang membantu pengerjaan TA ini yang tidak dapat Saya sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang ingin mendalami ilmu mengenai *arcing* ini. Semoga bermanfaat.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Manfaat	5

BAB II DASAR TEORI

2.1. Fenomena Busur Api Listrik	7
2.2. Gangguan <i>Arcing</i> pada Sistem Tegangan Rendah	8
2.1.1. Definisi Arc	9
2.1.2. Jenis-jenis <i>Arc Fault</i>	10
2.3. Karakteristik <i>Arcing</i> pada Beban Resistif	10

BAB III PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1. Perancangan <i>Hardware</i> Eksperimen	13
3.1.1. Simulator <i>Arcing</i> Seri	14
3.1.2. <i>Current Transformer</i> (CT)	15
3.1.3. Alat Perekam Arus NI DAQ 9246	16
3.1.4. Baban Lampu	16
3.1.5. <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB)	17
3.1.6. Kabel	18
3.2. Perancangan <i>Software</i> Eksperimen	19
3.2.1. <i>Software</i> LabVIEW	19
3.2.2. <i>Software</i> DIAdem	21
3.2.3. <i>Software</i> Adobe Dreamweaver	22
3.3. Perancangan Sistem Monitoring <i>Online</i>	23
3.3.1. MySQL <i>Open DataBase Connectivity</i> (ODBC)	24
3.3.2. LabVIEW <i>Database Connectivity Toolkit</i>	24
3.3.3. <i>Webhosting</i>	25
3.2.1. MySQL <i>Database</i>	25
3.4. Pengambilan Data	26
3.5. Pengolahan Data	26

BAB IV HASIL, ANALISA DATA, DAN PENGUJIAN

4.1. Pola Pengambilan Data Gelombang Arus pada Kondisi Normal, <i>Switching</i> , dan <i>Arcing</i>	27
--	----

4.2. Grafik Data Primer Sinyal Arus Pada Kondisi Normal, <i>Switching</i> , dan <i>Arcing</i>	27
4.2.1. Kondisi Normal	27
4.2.2. Kondisi <i>Switching</i>	30
4.2.3. Kondisi <i>Arcing</i>	33
4.3. Grafik Data Sinyal Arus <i>High Frequency</i> pada Kondisi Normal, <i>Switching</i> , dan <i>Arcing</i>	35
4.3.1. Kondisi Normal	35
4.3.2. Kondisi <i>Switching</i>	38
4.3.3. Kondisi <i>Arcing</i>	41
4.4. Analisa Penentuan Parameter Deteksi untuk Program Pendeteksi <i>Arcing</i>	42
4.5. Analisa Impedansi Saluran	46
4.6. Uji Coba Akurasi Program Pendeteksi <i>Arcing</i>	47
4.7. Uji Coba Sistem Monitoring <i>Online</i> Pendeteksi <i>Arcing</i>	49

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA	55
----------------------	----

RIWAYAT HIDUP PENULIS	57
-----------------------------	----

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Busur Api Listrik Akibat Hubung Singkat Langsung Kabel	7
Gambar 2.2.	Kerusakan Pada Kabel oleh Faktor Eksternal Yaitu Hewan Pengerat dan Tertekan oleh Benda.....	8
Gambar 2.3.	Ilustrasi <i>Arc Fault</i> Paralel dan Seri pada Sebuah Rangkaian Berbeban	9
Gambar 2.4.	Karakteristik Arus <i>Arcing</i> Seri yang Membentuk “Bahu” pada Pembebanan Resistif	11
Gambar 3.1.	Skema Rangkaian Peralatan Eksperimen Pendeteksi <i>Arcing</i> Seri	13
Gambar 3.2.	Perancangan Alat Eksperimen Pendeteksi <i>Arcing</i> Seri	14
Gambar 3.3.	Simulator <i>Arcing</i> Seri	15
Gambar 3.4.	Modul Beban Lampu Pijar	17
Gambar 3.5.	Kabel untuk Simulasi Impedansi Saluran	18
Gambar 3.6.	Tampilan <i>Block Diagram</i> Program Pendeteksi <i>Arcing</i> pada Jendela <i>Editor Panel</i> di LabVIEW	20
Gambar 3.7.	Tampilan <i>User Interface</i> Program Pendeteksi <i>Arcing</i> pada Jendela <i>Front Panel</i> di LabVIEW	20
Gambar 3.9.	Tampilan <i>User Interface</i> dari DIAdem 2017	22
Gambar 3.10.	Tampilan <i>User Interface</i> dari Adobe Dreamweaver CS6	23

Gambar 3.11.	Proses Pengiriman Data Log <i>Arcing</i> dari Aplikasi Pendeteksi <i>Arcing</i> di LabVIEW ke <i>Database</i> MySQL di Server	23
Gambar 3.12.	Proses Pemanggilan Data Log <i>Arcing</i> dari <i>Database</i> ke Halaman <i>Web</i> yang Diakses Pengguna	24
Gambar 3.13.	CT Dihubungkan dengan <i>Channel</i> Input NI DAQ 9246	25
Gambar 4.1.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 1 Lampu	28
Gambar 4.2.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 2 Lampu	28
Gambar 4.3.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 3 Lampu	28
Gambar 4.4.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 4 Lampu	28
Gambar 4.5.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 5 Lampu	29
Gambar 4.6.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 6 Lampu	29
Gambar 4.7.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 7 Lampu	29
Gambar 4.8.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 8 Lampu	29
Gambar 4.9.	Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 9 Lampu	30

Gambar 4.10. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 10 Lampu	30
Gambar 4.11. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 1 Lampu	30
Gambar 4.12. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 2 Lampu	31
Gambar 4.13. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 3 Lampu	31
Gambar 4.14. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 4 Lampu	31
Gambar 4.15. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 5 Lampu	31
Gambar 4.16. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 6 Lampu	32
Gambar 4.17. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 7 Lampu	32
Gambar 4.18. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 8 Lampu	32
Gambar 4.19. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 9 Lampu	32
Gambar 4.20. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Switching</i> 10 Lampu	33
Gambar 4.21. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 5 Lampu	33
Gambar 4.22. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 6 Lampu	33
Gambar 4.23. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 7 Lampu	34
Gambar 4.24. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 8 Lampu	34

Gambar 4.25. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 9 Lampu 34

Gambar 4.26. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 10 Lampu34

Gambar 4.27. Grafik Sinyal Arus yang Diperbesar pada Kondisi
Arcing 8 Lampu 35

Gambar 4.28. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 1
Lampu 35

Gambar 4.29. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 2
Lampu 36

Gambar 4.30. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 3
Lampu 36

Gambar 4.31. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 4
Lampu 36

Gambar 4.32. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 5
Lampu 36

Gambar 4.33. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 6
Lampu 37

Gambar 4.34. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 7
Lampu 37

Gambar 4.35. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 8
Lampu 37

Gambar 4.36. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 9
Lampu 37

Gambar 4.37. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 10
Lampu 38

Gambar 4.38. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 1
Lampu..... 38

Gambar 4.39. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 2	
Lampu.....	38
Gambar 4.40. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 3	
Lampu.....	39
Gambar 4.41. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 4	
Lampu.....	39
Gambar 4.42. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 5	
Lampu.....	39
Gambar 4.43. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 6	
Lampu.....	39
Gambar 4.44. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 7	
Lampu.....	40
Gambar 4.45. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 8	
Lampu.....	40
Gambar 4.46. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 9	
Lampu.....	40
Gambar 4.47. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i> 10	
Lampu.....	40
Gambar 4.48. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 5	
Lampu.....	41
Gambar 4.49. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 6	
Lampu.....	41
Gambar 4.50. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 7	
Lampu.....	41
Gambar 4.51. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 8	
Lampu.....	42

Gambar 4.52.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 9 Lampu.....	42
Gambar 4.53.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 10 Lampu.....	42
Gambar 4.54.	Penjelasan Nilai <i>Threshold</i> untuk Pendeteksian <i>Arcing</i>	43
Gambar 4.55.	<i>Flowchart</i> Algoritma Program Pendeteksian <i>Arcing</i> Seri	45
Gambar 4.56.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 5 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter	46
Gambar 4.57.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 6 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter	46
Gambar 4.58.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 7 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter	46
Gambar 4.59.	Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 8 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter	47
Gambar 4.60.	Halaman Depan <i>Website</i> Monitoring <i>Arcing</i> Sebelum Pendeteksian <i>Arcing</i>	49
Gambar 4.61.	Halaman Depan <i>Website</i> Monitoring <i>Arcing</i> Setelah Pendeteksian <i>Arcing</i>	50
Gambar 4.62.	Halaman Data Log <i>Arcing</i> yang Telah Terdeteksi	50
Gambar 4.63.	Halaman Data Log <i>Arcing</i> dengan Beberapa Log <i>Arcing</i> Sudah Terbaca dan Log <i>Arcing</i> Baru	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Spesifikasi CT	15
Tabel 3.2.	Spesifikasi NI DAQ 9246	16
Tabel 3.3.	Setelan Digital Filters pada DIAdem untuk Mengolah Sinyal Arus	26
Tabel 4.1.	Skema Pola Pengambilan Data	27
Tabel 4.2.	Akurasi Hasil Pengujian Program Pendeteksi <i>Arcing</i> 48	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada zaman modern ini, pertumbuhan kebutuhan manusia akan energi listrik semakin besar seiring berkembangnya suatu negara. Salah satu ciri dari majunya suatu negara adalah persebaran ketersediaan energi listrik yang merata di masyarakat. Berdasarkan data statistik tahun 2014 dari direktorat jenderal ketenagalistrikan Indonesia, pada tahun 2010 terdapat sekitar 42 juta jumlah pelanggan, dan terus meningkat setiap tahunnya hingga pada tahun 2014 mencapai 57 juta pelanggan [1]. Kenaikan jumlah pelanggan listrik ini juga diiringi dengan kenaikan jumlah kasus insiden kebakaran akibat korsleting listrik. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) terhitung dari akhir tahun 2011 hingga pertengahan tahun 2015 terdapat 979 kasus kebakaran di Indonesia, dimana 431 kasus diantaranya disebabkan oleh korsleting listrik [2]. Penyebab salah satunya dari kasus kecelakaan karena listrik tersebut disebabkan oleh hubung singkat. Hubung singkat adalah sebuah peristiwa gangguan pada suatu sistem kelistrikan ketika konduktor atau penghantar yang bertegangan terhubung langsung atau melalui media konduksi lainnya dengan penghantar netral. Hal ini akan menyebabkan terjadinya aliran arus yang sangat besar dari penghantar fasa menuju penghantar netral yang terhubung. Dampak dari aliran arus yang sangat besar ini, selain dapat merusak peralatan listrik yang dilewatinya, juga menimbulkan bunga api listrik yang menghasilkan panas dan kilatan cahaya yang terang (*arc flash*). Panas yang dihasilkan dapat menimbulkan api dan memicu terjadinya kebakaran.

Akan tetapi, gangguan yang disebabkan oleh hubung singkat pada umumnya dapat diisolir oleh peralatan pengaman arus lebih seperti MCB dan *fuse*. Ada kasus dimana suatu instalasi listrik sudah memiliki peralatan pengaman arus lebih yang sudah sesuai dengan standar, tetapi insiden kebakaran tetap tidak dapat dihindari. Gangguan ini bukanlah hubung singkat dimana konduktor fasa bertegangan terhubung dengan konduktor netral atau ground. Tetapi, gangguan ini disebabkan oleh terganggunya jalur konduksi antara fasa dengan fasa, atau netral dengan

netral, sehingga menyebabkan lompatan-lompatan listrik atau *arc* pada jalur konduksi. Gangguan ini dinamakan dengan fenomena *arc*ing seri, dikarenakan *arc*ing yang terjadi berada pada satu jalur yang sama atau seri dengan rangkaian. *Arc*ing seri, jika sudah terjadi dalam waktu yang cukup lama, akan mengakumulasi karbon pada kabel, yang sifatnya mudah terbakar, sehingga dapat menimbulkan api. *Arc*ing seri juga dapat menyulut zat-zat mudah terbakar lainnya yang berada di dekat terjadinya *arc* jika energi panas dari *arc* yang ditimbulkan cukup besar untuk membakar zat tersebut. *Arc*ing seri itu sendiri besar arusnya dibatasi oleh impedansi dari beban pada rangkaian yang dilalui, dan arus gangguan yang ditimbulkan juga berada pada kisaran arus operasi beban normal. Sehingga, peralatan pengaman arus lebih seperti MCB dan *fuse* tidak dapat mendeteksi adanya gangguan.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam proposal tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik arus pada saat kondisi terjadi *arc*ing seri?
2. Bagaimana membedakan kondisi saat *arc*ing terjadi dengan kondisi normal dan kondisi saat dilakukan *switching*?
3. Bagaimana rancangan sistem monitoring *online arc*ing berbasis web yang digunakan?
4. Bagaimana pengaruh impedansi jaringan yang berbeda terhadap kinerja pendeteksian *arc*ing?

1.3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai pada tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik arus *arc*ing seri berdasarkan eksperimen yang akan dilakukan.
2. Mengetahui perbedaan saat kondisi terjadi *arc*ing seri dengan kondisi normal dan kondisi *switching* berdasarkan analisis sinyal gelombang arus hasil eksperimen yang telah dilakukan.
3. Membuat suatu rancangan sistem monitoring *online arc*ing berbasis *web*, dan mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat.
4. Mengetahui pengaruh impedansi jaringan yang berbeda terhadap kinerja pendeteksian *arc*ing.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang berlaku untuk tugas akhir ini antara lain:

1. Busur api listrik (*arcing*) yang diteliti adalah busur api seri pada sistem tegangan rendah.
2. Beban yang digunakan adalah beban resistif murni berupa lampu pijar, untuk memudahkan analisa dan meminimalkan kesalahan pada frekuensi-frekuensi tertentu yang disebabkan oleh adanya harmonisa yang bersumber dari beban.
3. Sistem monitoring *online* yang dirancang akan difokuskan pada *platform* PC dan *web*, dan pendeteksi *arcing* dirancang menggunakan perangkat lunak PC yang hasilnya berupa sebuah program LabVIEW.
4. Impedansi saluran yang digunakan adalah berupa kabel NYMHY 2x1.5mm² sepanjang 12 meter.

1.5. Metodologi

Pelaksanaan Tugas Akhir ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perencanaan dan perancangan simulator *arcing* seri
Simulator *arcing* seri terlebih dahulu dirancang dengan aplikasi *modelling* tiga dimensi untuk memudahkan dalam proses pembuatan di bengkel.
2. Uji coba simulator *arcing* seri
Setelah simulator *arcing* seri selesai dibuat, maka dilakukan uji coba di laboratorium Tegangan Tinggi, jurusan Teknik Elektro ITS.
3. Pengambilan data gelombang arus dan analisa data
Dilakukan sampling terhadap gelombang arus pada saat kondisi normal, *switching*, *arcing*, dan *arcing* dengan saluran kabel 12 meter untuk dibandingkan. Gelombang arus dari keempat kondisi tersebut kemudian diolah dan di analisa. Perbedaan yang ditemukan dari hasil analisa data inilah nantinya yang akan menjadi dasar untuk perancangan sistem pendeteksi. *Sampling* gelombang arus dilakukan dengan menggunakan perangkat keras akuisisi data gelombang arus yaitu NI DAQ 9246.

4. Perancangan pendeteksi *arcing* seri
Perancangan sistem pendeteksi menggunakan perangkat lunak LabVIEW yang terhubung dengan alat NI DAQ 9246 untuk melakukan sampling arus secara *realtime*, dan juga melakukan pendeteksian *arcing* secara *realtime* di PC.
5. Uji coba sistem pendeteksi *arcing* seri
Setelah program pendeteksi berbasis LabVIEW telah dibuat, maka akan dilakukan uji coba. Sinyal arus yang terbaca oleh alat NI DAQ 9246 akan secara *realtime* berkomunikasi dengan program pendeteksi berbasis LabVIEW yang telah dibuat untuk melakukan pendeteksian ketika terjadi kondisi *arcing*.
6. Perancangan *website* monitoring dan integrasi dengan sistem pendeteksi *arcing*
Setelah uji coba program pendeteksi berhasil, maka akan dilakukan pengintegrasian sistem pendeteksi dengan sistem monitoring *online* yang telah dirancang. Pengiriman data ke *database* di *server website* monitoring *online* akan dilakukan langsung oleh perangkat lunak LabVIEW dengan menggunakan fitur *database connectivity* yang sudah ada di dalam LabVIEW.

1.6. Sistematika Penulisan

Pembahasan pada Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi 5 bab yang diurutkan secara sistematis.

Bab pertama adalah pendahuluan, yang terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan manfaat.

Bab kedua adalah dasar teori, merupakan hasil dari studi literatur yang menjadi landasan teori dari penelitian Tugas Akhir ini. Berisi penjelasan mengenai gangguan *arcing* pada sistem tegangan rendah dan karakteristik arus *arcing*.

Bab ketiga adalah perancangan alat eksperimen, pengambilan dan pengolahan data. Berisi penjelasan mengenai alat-alat yang digunakan guna menyelesaikan permasalahan dari penelitian tugas akhir ini.

Bab keempat adalah hasil dan analisa data. Berisi sajian-sajian data dalam bentuk grafik berupa data primer sinyal arus, data sinyal arus frekuensi tinggi, pengujian akurasi program pendeteksi, analisa sinyal

arus pada impedansi saluran yang berbeda, dan pengujian sistem monitoring *online*.

Bab kelima adalah penutup, yang berisi kesimpulan dan saran.

1.7. Manfaat

Penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat diaplikasikan pada beberapa sektor, terutama industri, perkantoran, dan institusi pendidikan dimana keamanan dan keselamatan menjadi faktor yang sangat diutamakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Fenomena Busur Api Listrik



Gambar 2.1. Busur Api Listrik Akibat Hubung Singkat Langsung Kabel^[4]

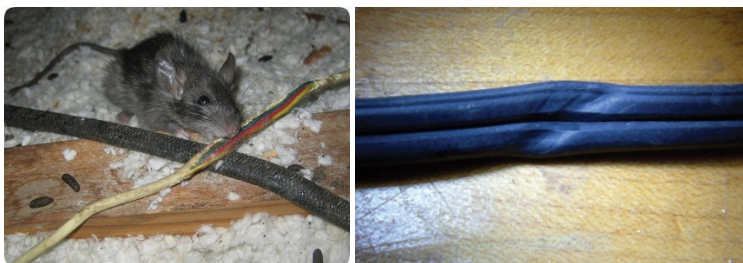
Percikan bunga api, intensitas panas yang tinggi, dan partikel terbakar dihasilkan dari proses terjadinya *arc flash*. Ketika dua permukaan konduktif mendekat secara bersamaan dan diikuti oleh lompatan arus listrik melalui sela diantara kedua konduktor, maka akan terjadi hubung singkat yang diikuti oleh percikan listrik jika memiliki daya yang cukup, dan udara sekitar akan menjadi bersifat konduktif akibat ionisasi yang terjaga dengan baik. Jika hal tersebut terjadi maka akan dapat menimbulkan busur api listrik (*arcing*) [3]. Hubung singkat dapat menyebabkan panas yang dapat menyebabkan kabel terbakar, bahkan dapat menyebabkan terjadinya *arc flash*, yang disebabkan oleh lonjakan arus listrik yang disertai kenaikan suhu secara drastis pada konduktor kabel. Pada akhirnya kabel tidak akan mampu menopang besar arus yang melewatinya.

Arc flash menghasilkan plasma hasil ionisasi dari konduktor. Menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) *arc flash* adalah sebuah peristiwa pelepasan energi termal dan cahaya yang disebabkan

oleh penguapan dan ionisasi dari sebuah material, yang suhunya dapat mencapai 35.000°F [5]. Jika *arc flash* terpapar pada kulit maka dapat menyebabkan luka bakar yang tentunya berbahaya. Kebakaran dapat timbul jika lelehan material logam yang tersebar akibat *arc flash* ini menyulut benda yang mudah terbakar yang ada di sekitar, seperti kain tekstil, kertas, dan lain-lain pada tempat, situasi, dan waktu yang tidak dikehendaki.

2.2. Gangguan *Arcing* pada Sistem Tegangan Rendah

Listrik merupakan energi yang sudah tidak asing lagi di zaman modern ini. Pembangkitan, pengendalian, penyaluran energi listrik yang mudah, serta mudah diubah menjadi bentuk-bentuk energi yang lain untuk pemenuhan kebutuhan manusia adalah beberapa keunggulan dari energi listrik. Akan tetapi, hal tersebut juga harus didukung dengan instalasi listrik yang handal dan aman. Salah satu bagian dari instalasi pada sistem kelistrikan adalah kabel. Kabel berfungsi menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tak menutup kemungkinan, instalasi kabel pada sistem tegangan rendah, baik di jaringan kelistrikan pelanggan sendiri maupun di jaringan distribusi, dikarenakan faktor-faktor eksternal ataupun umur dari kabel, lapisan isolator kabel akan mengalami kerusakan dan penurunan sifat dielektrik. Contoh kasus karena faktor eksternal adalah dimana ada hewan pengerat yang menggigit kabel [2], sehingga isolator kabel menjadi terkelupas. Kemudian, kabel yang tertekan oleh kursi juga akan menyebabkan kerusakan pada isolator kabel.



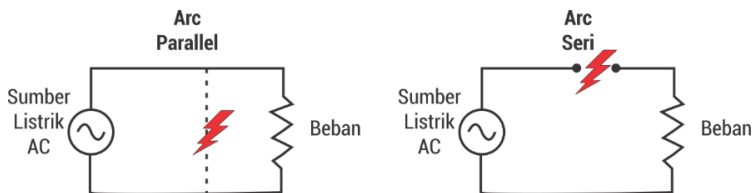
Gambar 2.2. Kerusakan Pada Kabel oleh Faktor Eksternal Yaitu Hewan Pengerat dan Tertekan oleh Benda ^{[6][7]}

Kerusakan pada isolator kabel akan berakibat terjadinya gangguan-gangguan yang tidak diinginkan. Antara lain hubung singkat yang disebabkan oleh menyentuhnya konduktor fasa dengan netral, dan gangguan *arcing* seri jika yang rusak adalah sebagian jalur konduksi antara konduktor yang sefasa. Gangguan yang disebabkan oleh hubung singkat akan menyebabkan lonjakan arus yang besar pada rangkaian, sehingga dapat berpotensi menyebabkan kerusakan peralatan dan instalasi listrik yang dilalui arus hubung singkat tersebut. Bahkan, yang lebih buruk dapat menyebabkan timbulnya api akibat panas yang dihasilkan. *Miniature Circuit Breaker* (MCB) merupakan alat pengaman arus lebih yang umumnya dipasang pada suatu sistem tegangan rendah untuk mengurangi, bahkan menghilangkan dampak dari kerusakan akibat arus hubung singkat yang besar dengan cara memutuskan suplai daya listrik ke rangkaian yang memiliki gangguan. MCB memiliki spesifikasi rating arus yang berbeda-beda, yang menjadi batas arus normal yang mengalir pada rangkaian listrik yang diproteksi.

Akan tetapi, gangguan *arcing*, dikarenakan terjadi dalam waktu yang sangat singkat, dan besar arusnya yang tidak besar seperti halnya gangguan hubung singkat, membuat peralatan pengaman arus lebih seperti MCB tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut.

2.1.1. Definisi Arc

Sebuah *arc* didefinisikan sebagai “peluahan listrik bercahaya yang kontinu melalui suatu medium isolator, biasanya diikuti oleh penguapan sebagian dari elektroda”. Umumnya, katoda dan anoda terpisah oleh sebuah celah udara di antara keduanya dimana *arc* terbentuk. Temperatur pada bagian tengah *arc* berkisar antara 5000°C - 15000°C . Gas terionisasi bertekanan tinggi dihasilkan dari daerah *arc* yang menghasilkan ekspulsi gas panas dan material elektroda dari lokasi manapun *arc* tersebut berada [8].



Gambar 2.3. Ilustrasi Arc Fault Paralel dan Seri pada Sebuah Rangkaian

2.1.2. Jenis-jenis *Arc Fault* ^[9]

Arc fault yang terjadi pada suatu rangkaian listrik dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu seri dan paralel. Gambar 2.3 merupakan ilustrasi dari kedua jenis *arc fault*. *Arc fault* seri terjadi disebabkan oleh adanya gangguan pada jalur konduktor yang merupakan bagian dari sebuah rangkaian, sedangkan *arc fault* paralel terjadi di antara konduktor-konduktor. Meskipun perilaku dari kedua gangguan diperkirakan dengan persamaan yang sama, perbedaannya terdapat pada besar arus yang mengalir melalui *arc*. Pada gangguan *arc* seri, besar arus ditentukan oleh besarnya impedansi rangkaian (beban). Pada gangguan *arc* paralel, sumber listrik menentukan besar arus yang dapat melewati *arc*, bukan beban.

Besar arus yang melewati rangkaian sudah cukup untuk membedakan sifat dari dua jenis gangguan tersebut, sehingga kedua gangguan dapat diteliti secara terpisah. Sebuah gangguan *arc* paralel mengalirkan arus sekitar 75 A atau lebih. Gangguan *arc* paralel akan menghantarkan seluruh arus yang ada dari sisi suplai, dan hanya dibatasi oleh impedansi dari konduktor dan elemen-elemen yang menjadi bagian dari rangkaian yang dilewati arus gangguan. Sebuah gangguan *arc* seri umumnya akan mengalirkan arus didalam batas arus normal rangkaian, terbatas oleh impedansi dari kawat pada rangkaian dan beban yang ada pada rangkaian. Gangguan *arc* yang terhubung dari satu konduktor fasa atau netral ke tanah dianggap sebagai gangguan paralel.

2.3. Karakteristik *Arcing* pada Beban Resistif

Arcing pada saluran dapat menghasilkan *broadband noise* sebagai produk dari arus yang melewatinya. *Broadband noise* tersebut tersebar dari frekuensi puluhan kilohertz hingga 1 Ghz [9]. Dengan tingkah laku yang konsisten, *noise* ini hanya timbul pada saat konduksi arus saat *arc* terjadi, dan *broadband noise* tersebut hilang sesaat setelah *arc* padam, yaitu pada saat gelombang arus akan mendekati titik nol atau setengah siklus gelombang. Setelah daya kembali mencukupi, maka *arc* dapat timbul kembali dan padam kembali berdasarkan periodisitasnya.

Pada sebuah gelombang arus *arcing* pada umumnya dapat dijumpai karakteristik-karakteristik sebagai berikut [10]:

1. Pada setiap setengah siklus gelombang, arus AC dari *arcing* padam sebelum titik nol dan muncul setelah melewati titik nol, maka

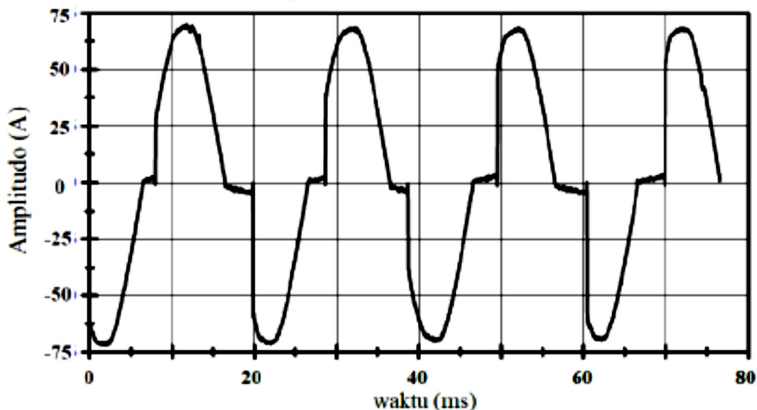
terlihat bagian dari arus titik nol yang hampir rata bentuknya (yang biasa disebut “bahu”).

2. Laju kenaikan dan puncak dari arus *arc* biasanya lebih besar dibandingkan dengan arus normal.
3. Arus *arc* lebih rendah daripada arus bukan *arc* pada rangkaian yang sama (dikarenakan jatuh tegangan pada *arc*).
4. *Arc* adalah sebuah fenomena non stasioner, seringkali sporadik (tidak menentu), dan bagian dari arus *arc* dapat menyatu dengan bagian dari aliran arus normal.
5. *Broadband noise* berfrekuensi tinggi ada didalam arus *arc* (dari puluhan kilohertz sampai dengan sekitar 1GHz).

Distribusi tegangan pada sebuah *arc* (seri atau paralel) umumnya memiliki 3 daerah yang terdefinisi [11]:

1. Daerah Katoda
2. Daerah Anoda, dan
3. Kolom Busur Api (*Arc Column*)

Daerah anoda dan katoda bekerja pada medan listrik yang tinggi. Kolom busur api bekerja dengan medan listrik yang relatif rendah. Daya yang terdisipasi oleh *arc* adalah proporsional dengan tegangan pada ketiga daerah diatas dikalikan dengan arus yang mengalir melalui *arc*.



Gambar 2.4. Karakteristik Arus *Arcing* Seri yang Membentuk “Bahu” pada Pembebanan Resistif

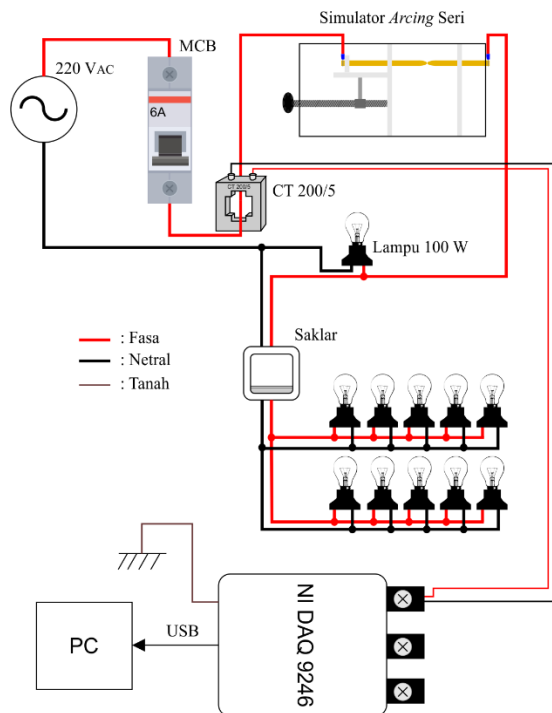
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

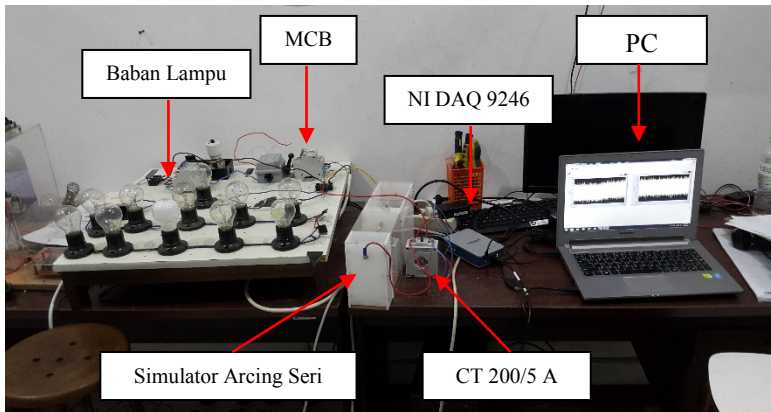
PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1. Perancangan *Hardware* Eksperimen

Perancangan alat eksperimen pada tugas akhir ini bertujuan untuk mensimulasikan suatu fenomena *arcing* seri tegangan rendah pada suatu rangkaian dengan beban resistif murni. Eksperimen akan dilakukan pada 3 kondisi umum suatu rangkaian listrik, yaitu pada kondisi normal, *switching*, dan *arcing*. Skema rangkaian dan perancangan peralatan eksperimen pada penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1. Skema Rangkaian Peralatan Eksperimen Pendeteksi *Arcing* Seri



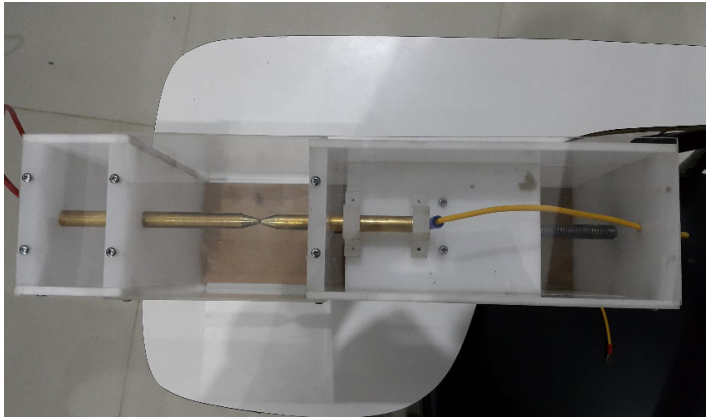
Gambar 3.2. Perancangan Alat Eksperimen Pendeteksi *Arcing* Seri

Selain peralatan-peralatan yang ada pada gambar 3.1. dan 3.2, juga digunakan kabel NYMHY 2x1.5mm² dengan panjang 12 meter untuk menguji kinerja sistem pendeteksian jika *arcing* terjadi di lokasi yang cukup jauh dari sensor arus.

3.1.1. Simulator *Arcing* Seri

Simulator *arcing* seri ini terdiri atas casing berbahan akrilik dengan landasan kayu, 2 batang elektroda, dan tuas penggeser. Elektroda penghantar terdiri atas 2 batang logam kuningan dengan diameter 10 mm, dimana 1 batang elektroda dapat digeser dan satu batang lainnya *fixed*. Mekanisme tuas penggeser batang elektroda menggunakan mur drat yang dipasang pada dua buah *bearing*, yang menghasilkan ketelitian penggeseran cukup tinggi.

Fenomena *arcing* seri dibuat dengan cara menggeser salah satu batang elektroda mendekati batang elektroda lainnya hingga membuat jarak celah yang sangat kecil di antara kedua batang. Dikarenakan tegangan yang digunakan adalah tegangan rendah, yaitu 220 volt AC, berdasarkan hasil pengukuran, jarak antar elektroda agar terjadi *arcing* seri adalah <0.05 mm, dimana jarak 0.05mm adalah jarak celah yang sangat kecil, sehingga dibutuhkan mekanisme penggeser elektroda yang memiliki ketelitian geser yang tinggi.



Gambar 3.3. Simulator *Arcing* Seri

3.1.2. *Current Transformer (CT)*

Current transformer atau trafo arus adalah salah satu peralatan yang umum digunakan pada sistem tenaga listrik AC untuk keperluan pengukuran arus dan instrumentasi. Trafo arus berfungsi untuk menurunkan nilai arus yang besar menjadi nilai arus yang lebih kecil dan aman untuk alat ukur dan rele. *Range* arus sekunder dari trafo arus pada umumnya adalah 5A atau 1A, dengan *burden* yang berbeda-beda.

Berikut ini adalah spesifikasi dari CT yang digunakan pada eksperimen ini:

Tabel 3.1. Spesifikasi CT

Merek dan Jenis	Powell MSQ-30
Rasio	200:5
Kelas	1
Burden	5 VA
Range Frekuensi	50-60 Hz

Pada tabel 3.1. dapat diketahui bahwa trafo arus memiliki rasio 200:5, yang berarti besar arus pada sisi primer akan diturunkan sebesar 40 kali lipat pada sisi sekunder trafo arus. Kelas dari CT menunjukkan tingkat keakuratan sinyal arus yang dihasilkan pada sisi sekunder dibandingkan dengan sinyal arus asli pada sisi

primer. Kelas 1 menunjukkan bahwa CT tersebut memiliki tingkat kesalahan sebesar 1%. *Burden* dari CT menunjukkan pembebanan sisi sekunder maksimal dari CT tersebut, dan *range* frekuensi adalah jangkauan frekuensi yang disarankan untuk penggunaan CT tersebut.

3.1.3. Alat Perekam Arus NI DAQ 9246

NI DAQ 9246 adalah sebuah alat akuisisi data yang dibuat oleh National Instruments yang dikhususkan untuk melakukan sampling sinyal arus. Alat ini mengkonversikan sinyal analog menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca oleh aplikasi LabVIEW di komputer. Alat ini memiliki 3 *channel* masukan sinyal arus, dan memiliki rating maksimal arus masukan sebesar $20A_{rms}$ untuk masing-masing *channel*. Berikut adalah spesifikasi dari alat NI DAQ 9246:

Tabel 3.2. Spesifikasi NI DAQ 9246

NI DAQ 9246	
Jumlah Input Arus	3 <i>Channel</i> atau Fasa
Laju Sampling Maksimum	50kS/s (tiap <i>channel</i>)
Input Maksimum	22 V_{rms} kontinyu, $\pm 30A_{peak}$
Resolusi	24-bit
Suhu Operasi	-40°C hingga 70°C

Pendeteksian *arc*ing pada aplikasi LabVIEW menggunakan data sampling arus dari alat NI DAQ 9246 ini. Data sinyal arus hasil sampling dikirim ke PC melalui media kabel USB.

3.1.4. Beban Lampu

Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah beban resistif murni yang berupa lampu pijar dengan daya 100 Watt. Terdapat 11 lampu pijar 100 Watt pada modul beban lampu, sehingga total daya yang dikonsumsi oleh seluruh lampu jika semua dinyalakan adalah 1100 Watt. 1 lampu akan menyala ketika modul beban lampu terhubung dengan suplai daya listrik PLN, sebagai indikator bahwa modul beban telah dialiri listrik. Pada modul beban juga terdapat saklar, yang berfungsi untuk mensimulasikan penambahan beban pada kondisi *switching*. Ketika saklar ditekan, maka 10 lampu lainnya akan menyala.



Gambar 3.4. Modul Beban Lampu Pijar

Penambahan beban lampu ini tidak harus 10 lampu, dan dapat diubah agar hanya 2 lampu, 3 lampu, dan seterusnya. Pemilihan total daya beban lampu hingga 1100 W ini untuk mensimulasikan pemakaian listrik PLN umumnya di pemukiman penduduk dan pasar dengan daya 1300 VA. Akan tetapi pada penelitian yang dilakukan kali ini hanya akan menggunakan hingga 10 lampu saja.

3.1.5. Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah peralatan pengaman arus lebih yang sangat umum digunakan untuk sistem kelistrikan tegangan rendah. MCB sangat umum digunakan dikarenakan memiliki keunggulan lebih daripada *fuse* dikarenakan pemakaiannya yang dapat digunakan berulang-ulang, tidak seperti *fuse* yang harus diganti setiap kali ada gangguan pada sistem kelistrikan, sehingga rangkaian tidak dapat langsung cepat dialiri listrik kembali ketika gangguan telah diatasi.

Pada penelitian ini MCB digunakan sebagai saklar dan juga pengaman rangkaian eksperimen keseluruhan dari arus lebih. Spesifikasi arus MCB yang digunakan dalam eksperimen ini adalah 6A, dimana MCB 6A adalah MCB yang digunakan oleh pelanggan listrik PLN dengan daya 1300 VA. Sehingga, jika

terdapat hubung singkat yang tidak disengaja atau beban lebih yang arusnya melebihi nilai arus 6A selama melakukan eksperimen, MCB akan memutus aliran listrik ke rangkaian. Hal ini bertujuan melindungi peralatan dari kerusakan dan bahaya terjadinya kebakaran.

3.1.6. Kabel

Kabel yang digunakan untuk mensimulasikan impedansi saluran pada penelitian ini adalah kabel berjenis NYMHY 2x1.5 mm², dengan panjang 12 meter. Kabel NYMHY 2x1.5mm² ini adalah kabel tembaga dengan konduktor serabut 1 fasa yang umumnya digunakan untuk instalasi rumah [12].

Karena kabel ini berjenis serabut, maka kabel NYMHY 2x1.5mm² ini bersifat fleksibel, sehingga tidak mudah patah. Bahan isolator kabel terbuat dari PVC. Kabel ini memiliki arus nominal sebesar 10 A. Rata-rata kabel serabut berdiameter 1,5 mm² digunakan pada sistem instalasi khususnya pada permukiman penduduk dan pasar tradisional dengan daya terpasang sebesar 900 VA dan 1300 VA.



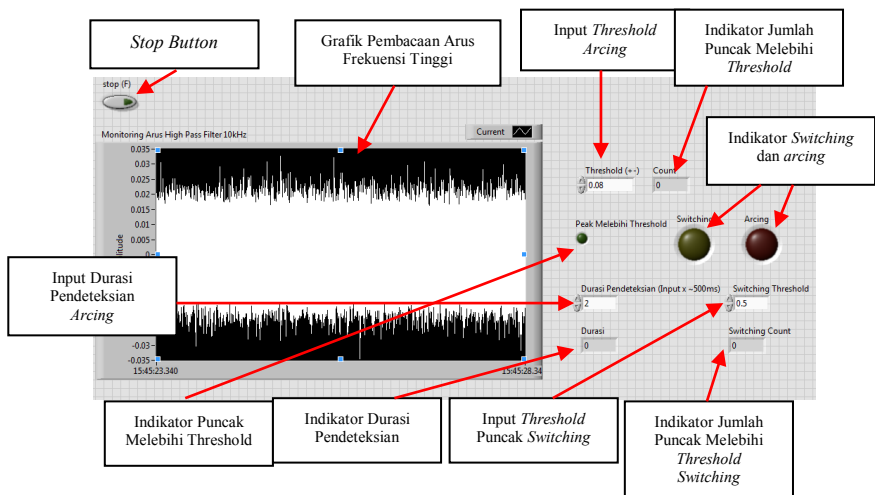
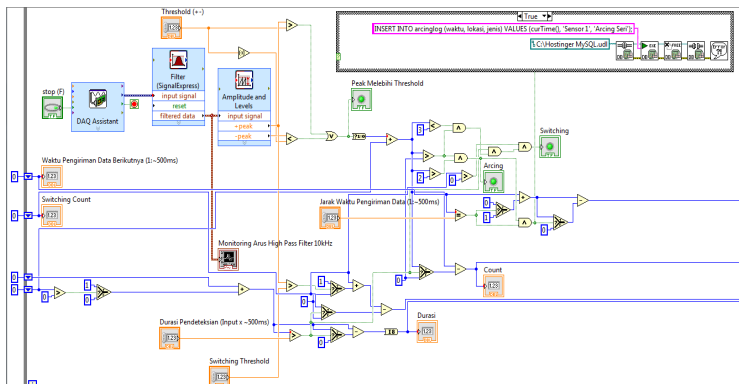
Gambar 3.5. Kabel untuk Simulasi Impedansi Saluran

3.2. Perancangan *Software* Eksperimen

Selain perangkat keras yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, sistem monitoring *arc*ing seri ini juga terdiri atas perangkat-perangkat lunak yang di *install* di PC, diantaranya adalah NI LabVIEW, NI DAAdem, dan Adobe Dreamweaver.

3.2.1. *Software* LabVIEW

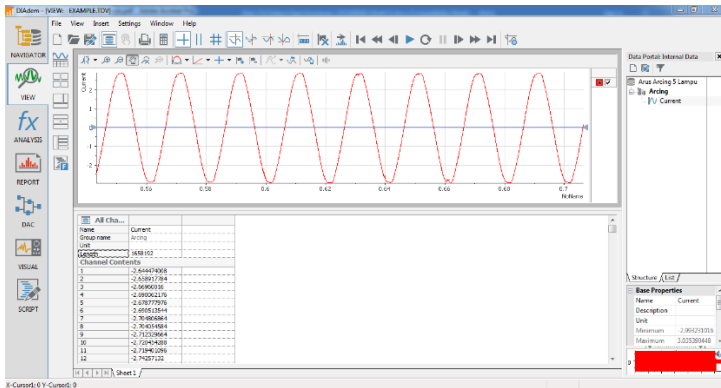
LabVIEW adalah perangkat lunak dari National Instruments yang akan digunakan pada penelitian ini untuk membuat program pendeteksian *arc*ing dan juga untuk melakukan pengiriman data log pendeteksian ke *database* di server *webhost*. LabVIEW yang digunakan adalah LabVIEW versi 2015. LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) merupakan perangkat lunak komputer yang dirancang untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi, serta automasi industri. Pemrograman pada *software* ini berbeda dengan metode pemrograman konvensional yang menggunakan *script* sebagai metode pembuatan program. LabVIEW menjalankan instruksi yang dibuat dengan bahasa pemrograman grafis dengan menggunakan *block diagram*. LabVIEW melakukan eksekusi program dengan cara pengaliran data (*data flow*) pada diagram blok, yang telah dibuat sebelumnya dan kemudian data-data yang mengalir diolah dan ditampilkan pada *user interface* yang ada pada jendela *front panel* di LabVIEW. LabVIEW terdiri dari 2 jendela kerja utama yaitu *front panel* dan *editor panel*. Pembuatan program dengan *block diagram* dilakukan pada jendela *editor panel*. Pada kedua panel, pengguna dapat menggunakan berbagai macam fungsi-fungsi dari *toolkit* yang ada untuk merancang algoritma dan tingkah laku sebuah program serta merancang tampilan *user interface* agar seperti yang diinginkan.



Terdapat 3 input yang dapat dimasukkan oleh pengguna, yaitu *threshold arcing*, *threshold switching*, dan durasi pendeteksian. Grafik pembacaan arus diatas adalah hasil data arus sampling dari NI DAQ 9246 yang telah diolah dengan blok fungsi filter *Signal Express*. Blok fungsi *Signal Express* tersebut berfungsi untuk mengolah data mentah hasil sampling arus dari NI DAQ 9246 untuk diambil komponen frekuensi tingginya, dengan menggunakan filter *high pass* digital yang merupakan fungsi yang sudah tersedia dari *settings* blok filter *Signal Express*. Setelah sinyal arus mentah diolah menjadi hanya komponen frekuensi tingginya (sinyal HF) saja, kemudian sinyal HF arus tersebut ditampilkan pada *waveform graph* seperti pada gambar 3.7 diatas. Fungsi ditampilkan sinyal arus HF tersebut adalah untuk memudahkan pengguna untuk mempertimbangkan pemberian input nilai *threshold* puncak sinyal arus HF pada program pendeteksian *arcing* diatas. Kemudian, sinyal arus HF dibaca nilai puncaknya (*peak*) oleh sebuah blok fungsi *Signal Express* lainnya yaitu *Amplitude and Levels*. Blok fungsi ini berfungsi untuk mendapatkan data nilai puncak dari sinyal arus HF untuk kemudian dilakukan perbandingan dengan nilai *threshold* puncak *arcing* dan nilai *threshold* puncak *switching*.

3.2.2. Software DIAdem

DIAdem adalah salah satu produk dari National Instruments yang digunakan pada penelitian ini untuk mengolah data primer sinyal arus yang disimpan dalam format '.tdms' (*Technical Data Management Solution*). File tdms ini berisi data sampling sinyal arus dari *Current Transformer 200/5* yang mengukur arus yang mengalir pada rangkaian. Data dari file tdms ini kemudian dapat ditampilkan pada *user interface* di DIAdem untuk kemudian dilakukan pengamatan, pengolahan sinyal, dan analisa. Dalam penelitian ini digunakan DIAdem versi 2017. Berikut ini adalah tampilan antarmuka dari DIAdem versi 2017.

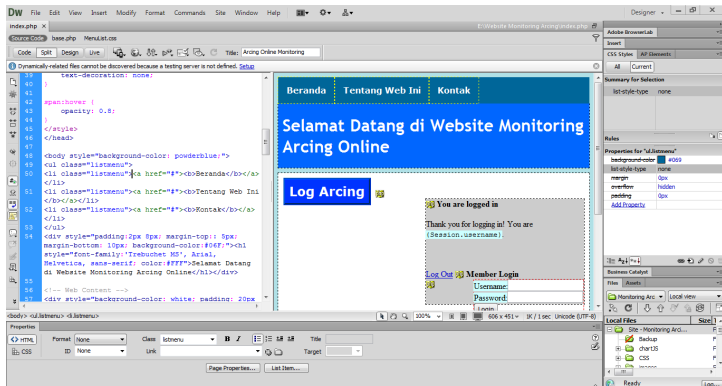


Gambar 3.9. Tampilan *User Interface* dari DIAdem 2017

Penggunaan perangkat lunak DIAdem pada penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengolah data primer sinyal arus yang di sampling oleh perangkat akuisisi data NI DAQ 9246, kemudian dilakukan pengolahan sinyal arus sampling dengan menggunakan fitur *Digital Filter* yang ada pada perangkat lunak DIAdem. Kemudian, sinyal arus yang telah difilter akan diamati karakteristik gelombangnya untuk membedakan antara kondisi normal, *switching*, dan saat terjadi *arcing*. Selain itu, juga akan mempermudah proses analisa dari sinyal arus karena sudah dalam bentuk data statis yang tersimpan, tidak seperti grafik data sinyal arus pada *front panel* LabVIEW yang terus bergerak.

3.2.3. Software Adobe Dreamweaver

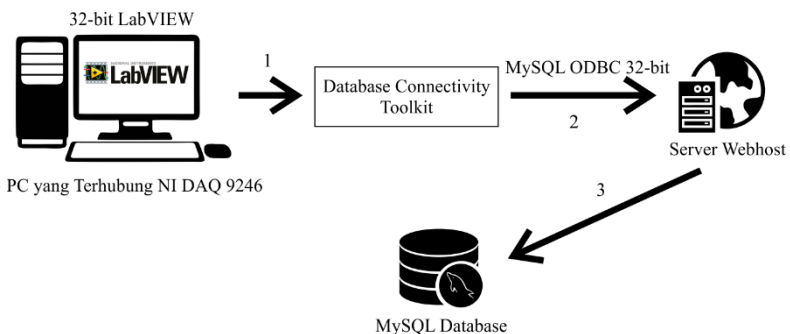
Adobe Dreamweaver adalah sebuah perangkat lunak untuk desain dan pengembangan web yang dibuat oleh Adobe Systems. Keunggulan dari mendesain dan mengembangkan sebuah *website* dengan menggunakan perangkat lunak ini adalah pengguna dapat melihat secara langsung desain halaman *web* yang dirancang, tidak seperti metode konvensional yang menggunakan *notepad* untuk melakukan coding dari halaman web, dan kemudian hasil coding dari halaman *web* dilihat dengan *browser*. Tentunya hal ini akan memakan waktu sehingga pembuatan halaman *web* tidak efisien. Selain itu, Adobe Dreamweaver juga menyediakan berbagai *tools* untuk memudahkan pembuatan halaman web.



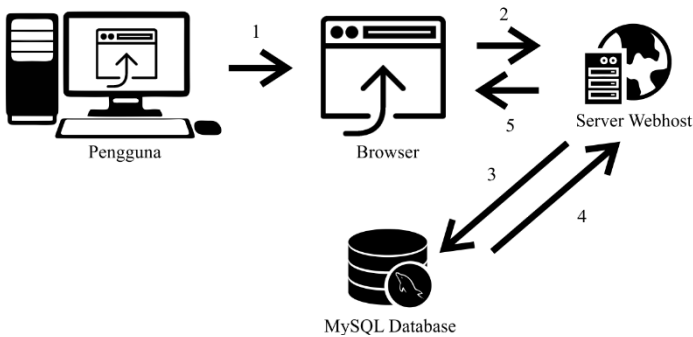
Gambar 3.10. Tampilan *User Interface* dari Adobe Dreamweaver CS6

3.3. Perancangan Sistem Monitoring Online

Selain *hardware* dan *software* yang telah dijelaskan pada subbab-subbab sebelumnya, juga diperlukan perancangan dari sistem monitoring *online*. Sistem monitoring *online* ini terdiri atas 4 komponen utama yaitu MySQL ODBC (*Open DataBase Connectivity*), LabVIEW *Database Connectivity Toolkit*, *Webhosting*, dan MySQL *Database*. Berikut ini adalah gambar yang menjelaskan proses dari pengiriman data log pendeteksian *arcing* dari aplikasi LabVIEW ke *database* di server *webhost*, dan proses pemanggilan data log *arcing* dari *database* ke halaman *web* yang diakses oleh pengguna.



Gambar 3.11. Proses Pengiriman Data Log *Arcing* dari Aplikasi Pendeteksi *Arcing* di LabVIEW ke *Database* MySQL di Server



Gambar 3.12. Proses Pemanggilan Data Log *Arcing* dari *Database* ke Halaman Web yang Diakses Pengguna

3.3.1. MySQL *Open DataBase Connectivity* (ODBC)

MySQL ODBC adalah sebuah driver *open source* yang dibuat oleh MySQL yang berfungsi untuk menghubungkan sebuah aplikasi di PC melalui ODBC *Application Program Interface* (API), singkatnya adalah cara standar untuk sebuah aplikasi komputer agar terhubung dengan sebuah *database*. Dengan *driver* ini, pengguna dapat terhubung ke suatu *database* MySQL dari dalam aplikasi secara langsung. Salah satu contoh aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah LabVIEW. Untuk dapat berkomunikasi dengan suatu *database* dari LabVIEW maka *driver* ODBC ini diperlukan untuk di *install* pada PC.

3.3.2. LabVIEW *Database Connectivity Toolkit*

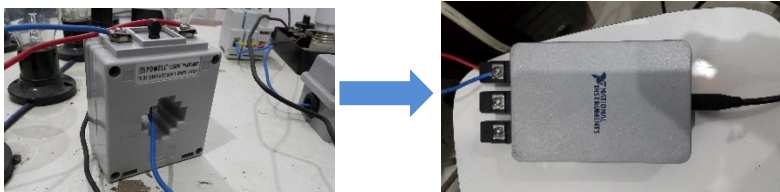
LabVIEW *Database Connectivity* adalah salah satu *toolkit* yang tersedia didalam program LabVIEW dengan versi arsitektur program 32-bit. Pada program LabVIEW dengan versi arsitektur program 64-bit, *toolkit* ini tidak tersedia. Untuk dapat melakukan komunikasi dengan suatu *database* dengan menggunakan blok fungsi dari *toolkit* ini, PC sudah harus memiliki *driver* ODBC, dengan versi arsitektur dari *driver* ODBC juga sama dengan aplikasi LabVIEW yaitu 32-bit.

3.3.3. Webhosting

Untuk dapat membuat *database* yang dapat ditampilkan data-data nya pada sebuah *website* yang dapat dilihat dimanapun dan kapanpun, maka dibutuhkan sebuah layanan *Webhosting*. Ada berbagai perusahaan *webhosting service provider* yang menawarkan jasanya di internet, salah satu di antaranya adalah Hostinger dan RumahWeb, dan dengan berbagai penawaran-penawaran paket fitur dan layanan yang berbeda untuk setiap jenis *membership* yang ditawarkan, yang tentunya dengan harga yang berbeda. Fitur dari *webhosting* yang dibutuhkan untuk penelitian ini harus mendukung *script* PHP (*Hypertext Preprocessor*), akses FTP, PHPMyAdmin, dan MySQL Database. Selain itu, pengguna juga harus menyewa sebuah *domain* untuk membuat alamat *web* yang dapat dikunjungi. Biasanya *webhosting provider* juga menyediakan jasa penjualan domain.

3.3.4. MySQL Database

MySQL dipilih sebagai *database* untuk menyimpan log-log pendeteksian *arcing* dikarenakan penggunaannya yang sangat luas di berbagai website yang ada di *internet*, dan juga didukung *script* PHP yang menjadi bahasa pemrograman dinamis sebuah halaman web. Sebuah halaman *web* dapat diprogram dengan *script* PHP untuk dapat memanggil data yang ada didalam *database* MySQL, dan kemudian menampilkan data yang dipanggil ke halaman web yang dibuka di *browser* pengguna.



Gambar 3.13. CT Dihubungkan dengan Channel Input NI DAQ 9246

3.4. Pengambilan Data

Pengambilan data arus dilakukan dengan menggunakan trafo arus yang dihubungkan dengan salah satu input *channel* dari NI DAQ 9246 (Gambar 3.13). Kemudian, NI DAQ 9246 dihubungkan dengan PC melalui koneksi USB (*Universal Serial Bus*) pada PC. Perangkat lunak *NI Device Monitor* yang sudah satu paket dengan LabVIEW saat proses instalasi *software* akan mendeteksi perangkat akuisisi data NI DAQ 9246, sehingga dapat dilakukan komunikasi data antara NI DAQ 9246 dengan aplikasi LabVIEW yang dirancang di PC. Kemudian pada program aplikasi LabVIEW, blok fungsi *DAQ Assistant* digunakan untuk mengatur proses pembacaan data dari NI DAQ 9246, seperti pengaturan laju sampling per detik, *prescale* dari data, durasi atau jumlah data yang disampling, pengaturan *clock source*, dan penyetelan apakah data yang direkam disimpan dalam bentuk file log *‘.tdms’* atau tidak. Dalam penelitian ini, akan digunakan laju sampling 50 kS/s, sehingga data sinyal arus dengan frekuensi tinggi dapat terekam, dan pada eksperimen awal data sampling arus akan disimpan dalam bentuk file *‘.tdms’*.

3.5. Pengolahan Data

Kemudian, data primer sinyal arus yang telah disimpan dalam bentuk file log akan diolah dengan menggunakan *software* DIAdem dengan menggunakan salah satu fitur di *software* tersebut yaitu *Digital Filters*. Pemilihan setelan *Digital Filters* pada DIAdem adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3. Setelan *Digital Filters* pada DIAdem untuk Mengolah Sinyal Arus

Mode Filter	<i>High Pass</i>
Metode Pemfilteran	IIR (<i>Infinite Impulse Response</i>)
Frekuensi <i>CutOff</i>	10 kHz
Jenis Filter	<i>Bessel</i>
Orde Filter	2

Setelah sinyal arus mentah di filter, maka akan didapatkan komponen frekuensi tinggi diatas 10kHz nya. Dasar dari pemilihan komponen frekuensi *cutoff* filter adalah 10kHz dikarenakan *arcng* memiliki karakteristik *Broadband Noise* antara frekuensi 10 kHz sampai dengan frekuensi 1 GHz [4]. Jika sinyal tidak di filter, maka karakteristik dari sinyal arus yang memiliki gangguan *arcng* seri akan sulit untuk ditemukan.

BAB IV

HASIL, ANALISA DATA, DAN PENGUJIAN

4.1. Pola Pengambilan Data Gelombang Arus Pada Kondisi Normal, *Switching*, dan *Arcing*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai pola pengambilan data primer untuk ketiga kondisi tersebut.

Tabel 4.1. Skema Pola Pengambilan Data

Kondisi	Parameter	Jumlah Eksperimen Tiap Parameter	Jumlah Percobaan
Normal	1 hingga 10 lampu	5 percobaan	50
<i>Switching</i>	1 hingga 10 lampu	5 percobaan	50
<i>Arcing</i>	5 hingga 10 lampu	5 percobaan	30
Total			130

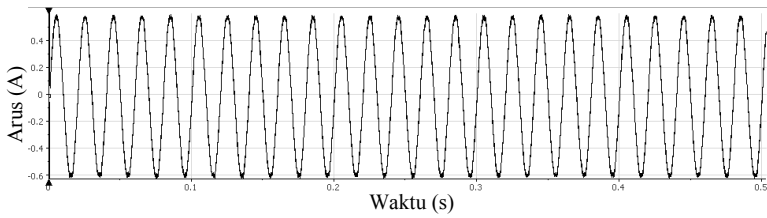
Tabel diatas menjelaskan pola pengambilan data di dalam penelitian ini. Untuk kondisi *arcing* dilakukan pengambilan data dimulai dari 5 beban lampu, dikarenakan berdasarkan hasil percobaan pengambilan data pada beban dibawah 5 lampu, *arcing* seri lebih sulit untuk terjadi jika menggunakan beban dibawah 5 lampu.

4.2. Grafik Data Primer Sinyal Arus Pada Kondisi Normal, *Switching*, dan *Arcing*

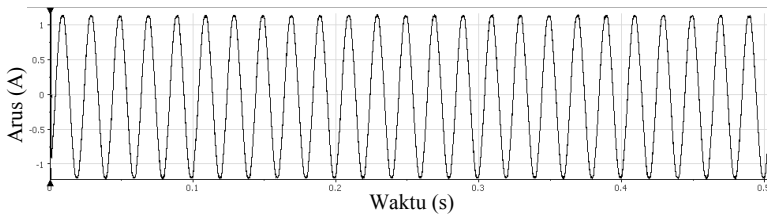
Berikut ini akan disajikan grafik-grafik data primer (*raw data*) sinyal arus hasil sampling pada tiga kondisi yang berbeda.

4.2.1. Kondisi Normal

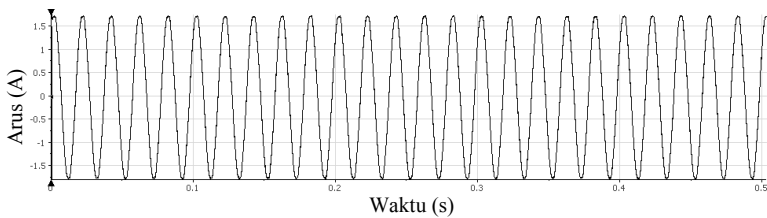
Pada pengambilan data arus kondisi normal, modul beban lampu dihubungkan langsung dengan suplai daya listrik AC melalui MCB, dan pengambilan data sinyal arus dilakukan saat arus yang mengalir pada rangkaian sudah berada pada kondisi *steady state*.



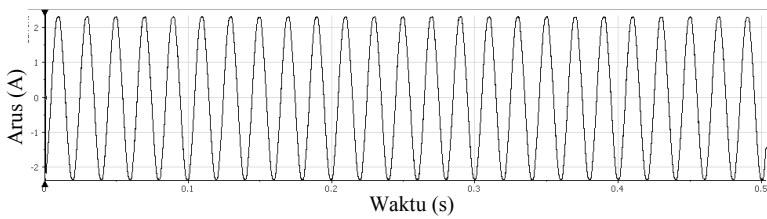
Gambar 4.1. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 1 Lampu



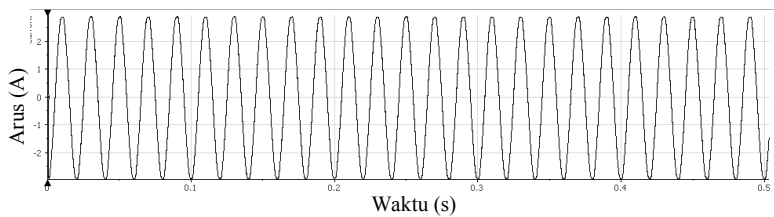
Gambar 4.2. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 2 Lampu



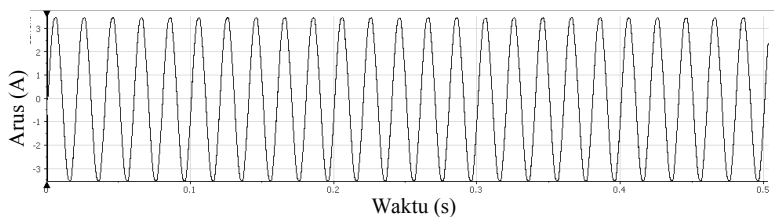
Gambar 4.3. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 3 Lampu



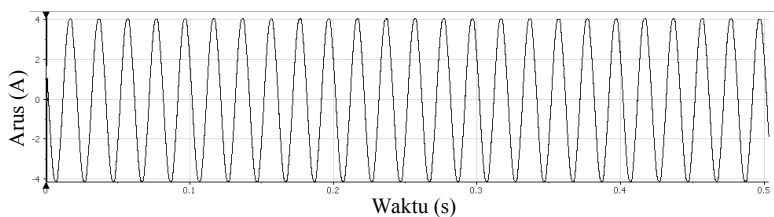
Gambar 4.4. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 4 Lampu



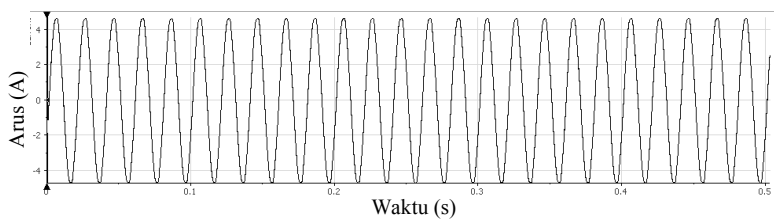
Gambar 4.5. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 5 Lampu



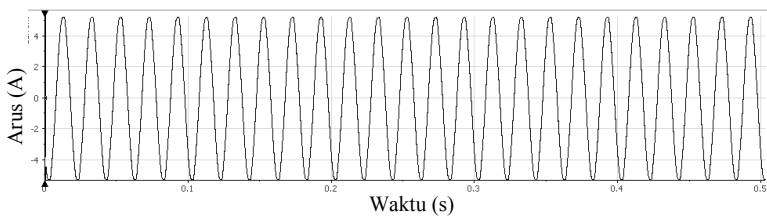
Gambar 4.6. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 6 Lampu



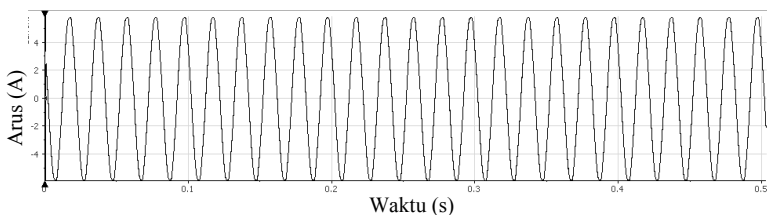
Gambar 4.7. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 7 Lampu



Gambar 4.8. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 8 Lampu



Gambar 4.9. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 9 Lampu

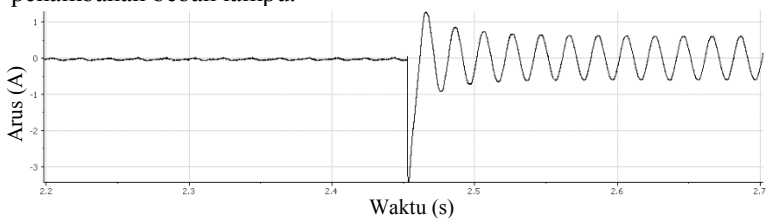


Gambar 4.10. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi Normal Beban 10 Lampu

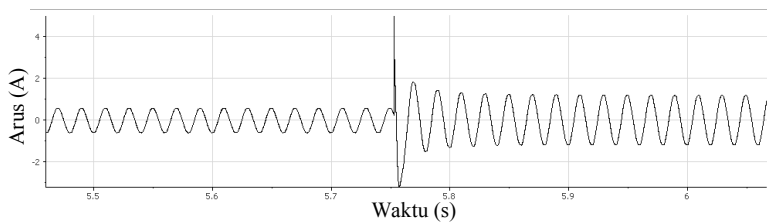
Dari data-data yang telah disajikan, dapat dilihat perbedaan nilai amplitudo dari arus ketika beban lampu semakin bertambah. Semakin besar jumlah beban, maka semakin besar pula arus yang mengalir pada rangkaian.

4.2.2. Kondisi *Switching*

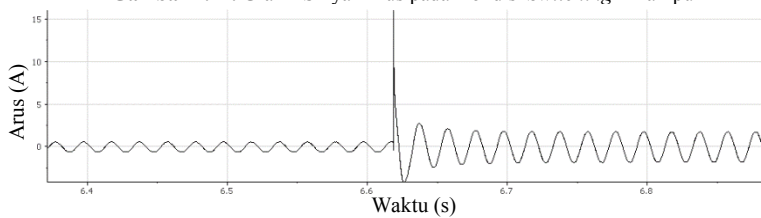
Pada kondisi *switching*, pengambilan sampel arus dilakukan pada saat dilakukan penambahan beban lampu, sehingga kondisi transien dan lonjakan arus yang besar saat penambahan beban lampu didapatkan. Untuk grafik *switching* 1 lampu, pengambilan data dilakukan pada saat MCB dalam kondisi awal *open* (tanpa beban), kemudian MCB disambungkan. Untuk *switching* 2 lampu hingga 10 lampu, 1 lampu yaitu lampu indikator modul beban dalam keadaan menyala sebelum penambahan beban lampu.



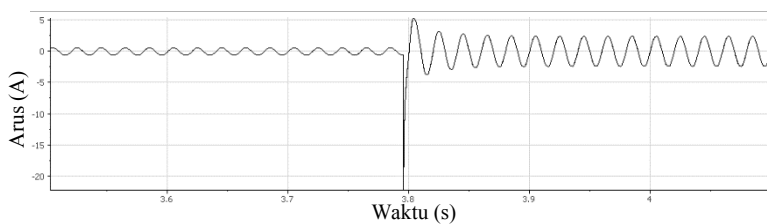
Gambar 4.11. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 1 Lampu



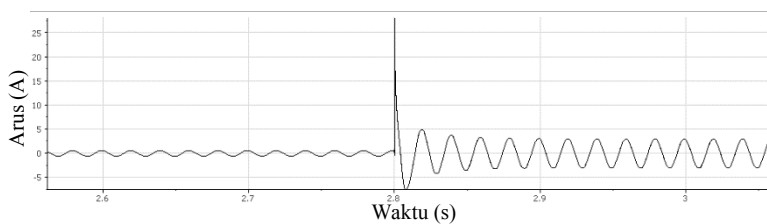
Gambar 4.12. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 2 Lampu



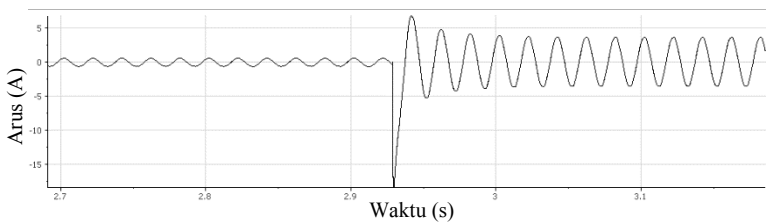
Gambar 4.13. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 3 Lampu



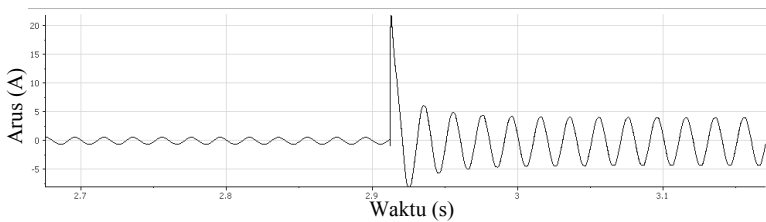
Gambar 4.14. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 4 Lampu



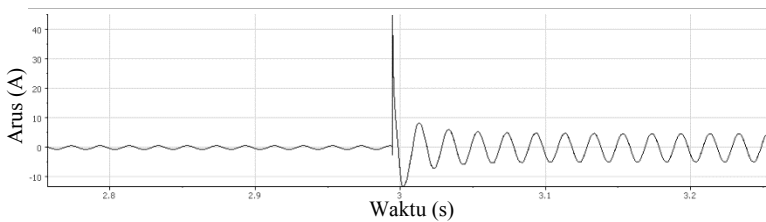
Gambar 4.15. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 5 Lampu



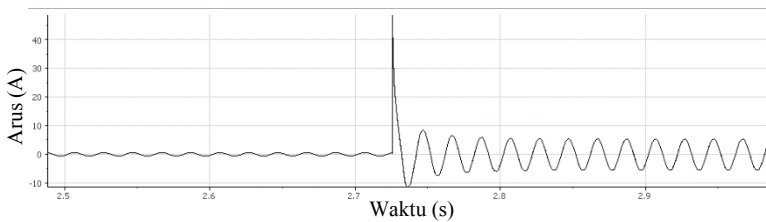
Gambar 4.16. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 6 Lampu



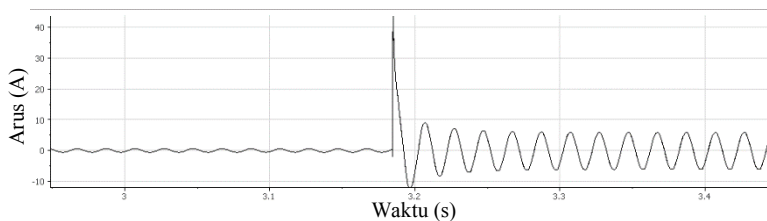
Gambar 4.17. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 7 Lampu



Gambar 4.18. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 8 Lampu



Gambar 4.19. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 9 Lampu

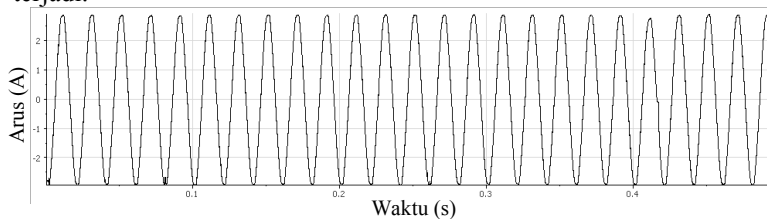


Gambar 4.20. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Switching* 10 Lampu

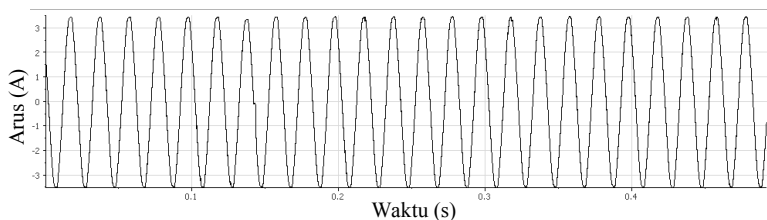
Dari data-data yang telah disajikan, dapat dilihat perbedaan nilai amplitudo puncak saat dilakukan *switching*, dimana semakin besar jumlah beban lampu yang ditambah secara bersamaan, maka nilai amplitudo puncak saat *switching* dilakukan akan cenderung semakin besar.

4.2.3. Kondisi *Arcing*

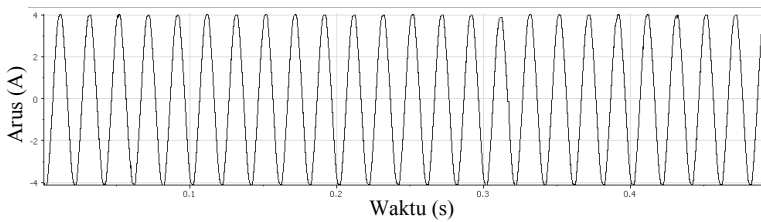
Pada kondisi *arcing*, pengambilan sampel arus dilakukan dengan menghubungkan simulator *arcing* seri secara seri dengan beban. Lebar celah antar elektroda batang diatur sedemikian rupa agar *arcing* dapat terjadi.



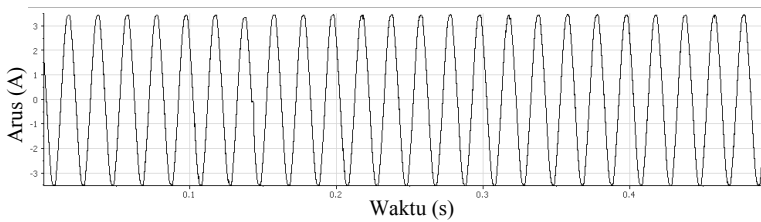
Gambar 4.21. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 5 Lampu



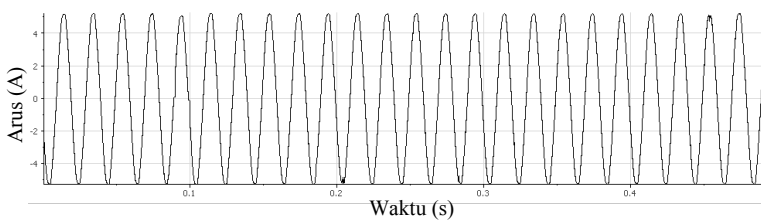
Gambar 4.22. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 6 Lampu



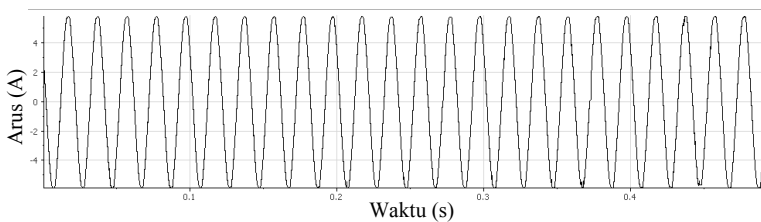
Gambar 4.23. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 7 Lampu



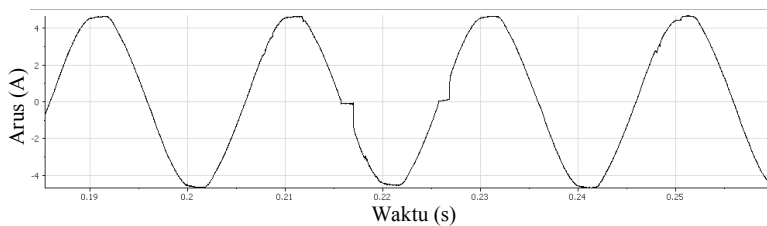
Gambar 4.24. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 8 Lampu



Gambar 4.25. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 9 Lampu



Gambar 4.26. Grafik Sinyal Arus pada Kondisi *Arcing* 10 Lampu



Gambar 4.27. Grafik Sinyal Arus yang Diperbesar pada Kondisi *Arcing* 8 Lampu

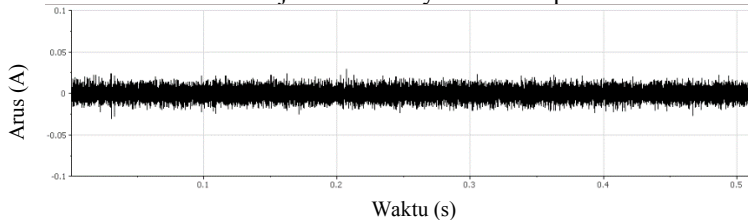
Dari data-data yang telah disajikan, terlihat grafik arus pada kondisi *arcing* sangat mirip dengan grafik arus pada kondisi normal. Tetapi, jika salah satu dari data primer sinyal arus *arcing* diperbesar, maka akan terlihat perbedaan dari grafik arus kondisi normal. Pada gambar 4.27 dapat dilihat, ada saat dimana sinyal arus membentuk *shoulder* atau bahu antara detik 0,21 sampai detik 0,23. Tidak selalu ketika *arcing* seri terjadi gelombang sinyal arus akan membentuk bahu seperti pada gambar 4.27. Sehingga, pendeteksian sinyal arus pada saat terjadi *arcing* seri cukup sulit dilakukan jika hanya berpatokan pada karakteristik bentuk bahu ini. Akan tetapi, adanya bentuk bahu pada sinyal arus ini merupakan salah satu indikasi yang cukup kuat bahwa ada fenomena *arcing* yang terjadi pada rangkaian.

4.3. Grafik Data Sinyal Arus *High Frequency* Pada Kondisi Normal, *Switching*, dan *Arcing*

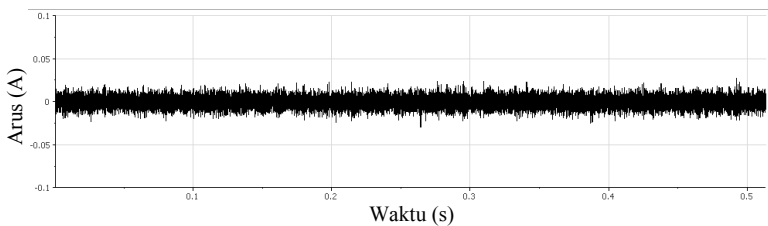
Perbedaan bentuk sinyal arus pada saat kondisi normal dengan saat terjadi *arcing* akan lebih terlihat ketika sinyal arus hasil sampling diolah dengan menggunakan *High Pass Filter*, dengan frekuensi *cutoff* 10kHz. Berikut ini akan disajikan data sinyal arus HF (*High Frequency*) pada kondisi normal, *switching*, dan *arcing*.

4.3.1. Kondisi Normal

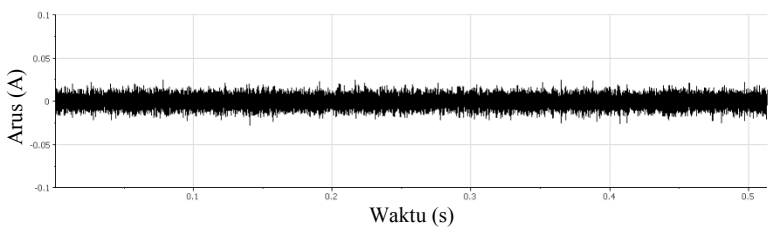
Berikut ini akan disajikan data sinyal arus HF pada kondisi normal.



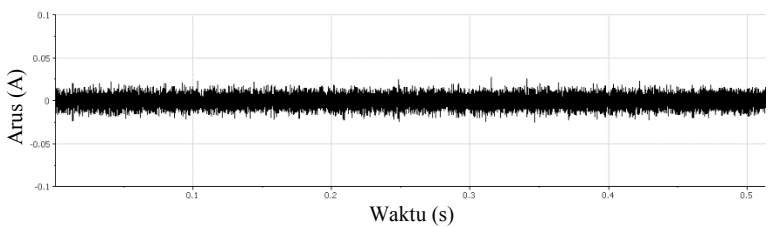
Gambar 4.28. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 1 Lampu



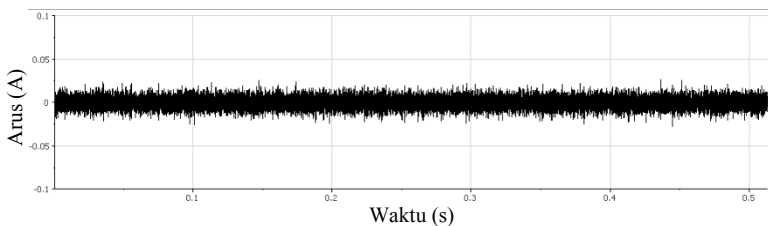
Gambar 4.29. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 2 Lampu



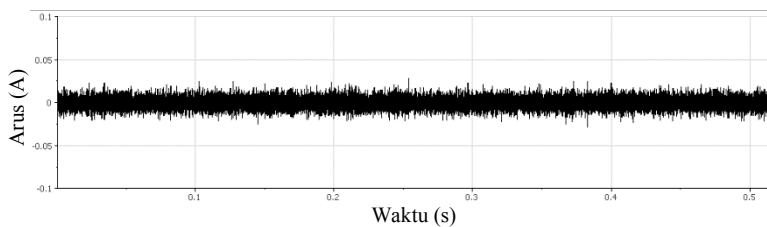
Gambar 4.30. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 3 Lampu



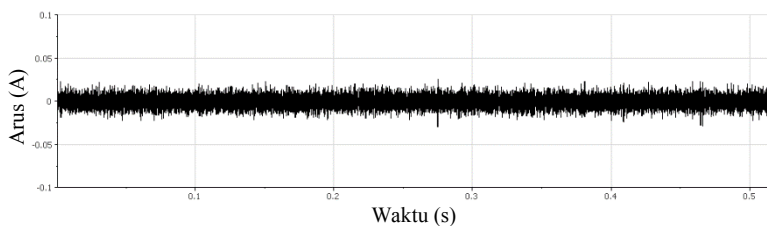
Gambar 4.31. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 4 Lampu



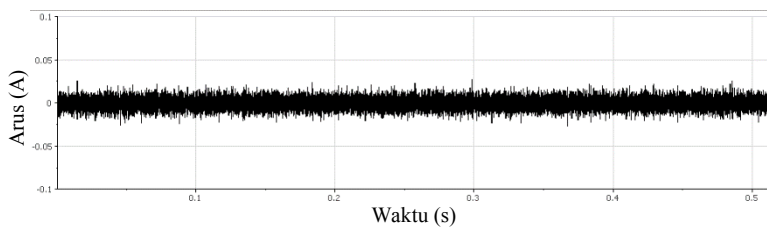
Gambar 4.32. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 5 Lampu



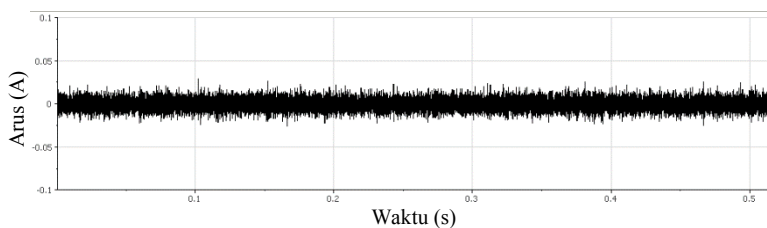
Gambar 4.33. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 6 Lampu



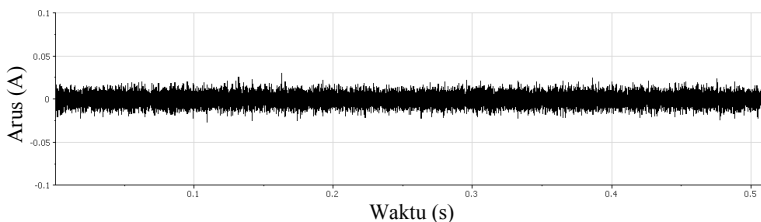
Gambar 4.34. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 7 Lampu



Gambar 4.35. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 8 Lampu



Gambar 4.36. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 9 Lampu

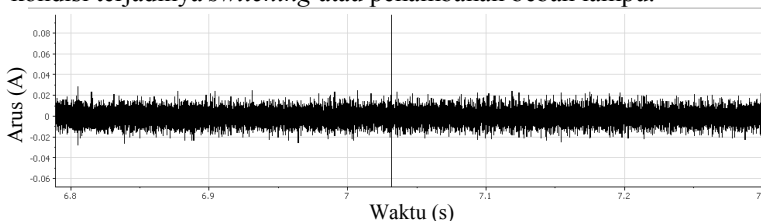


Gambar 4.37. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi Normal 10 Lampu

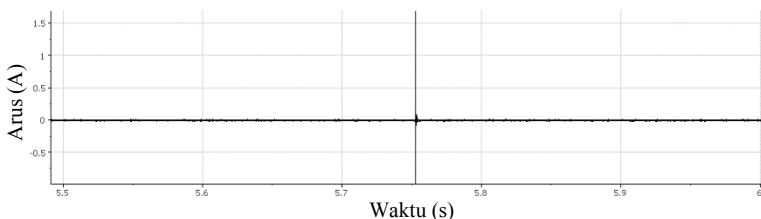
Dari data-data sinyal arus HF kondisi normal yang telah disajikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa sinyal arus HF normal memiliki amplitudo puncak dan lembah yang cukup merata, dan jumlah beban lampu terpasang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sinyal arus HF pada kondisi normal.

4.3.2. Kondisi *Switching*

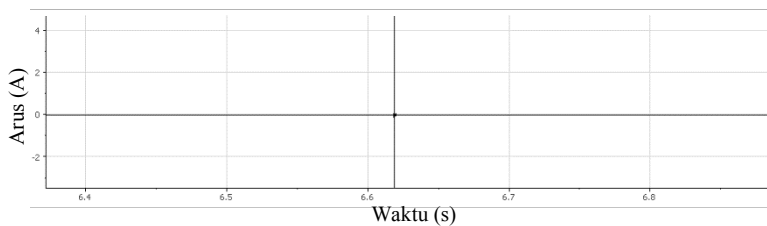
Berikut ini akan disajikan data grafik sinyal arus HF pada saat kondisi terjadinya *switching* atau penambahan beban lampu.



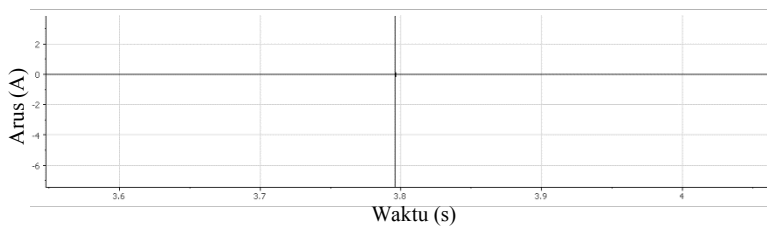
Gambar 4.38. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 1 Lampu



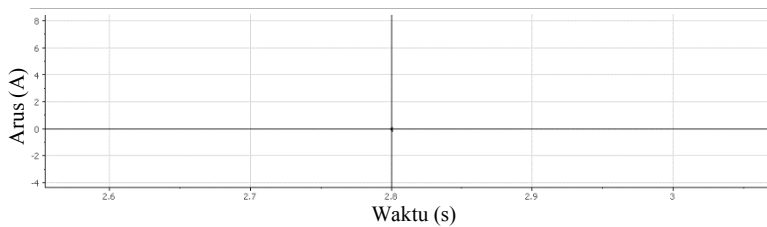
Gambar 4.39. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 2 Lampu



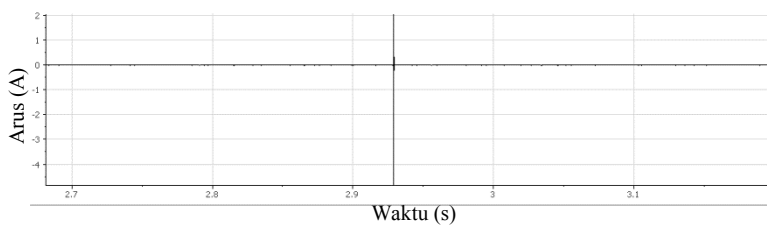
Gambar 4.40. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 3 Lampu



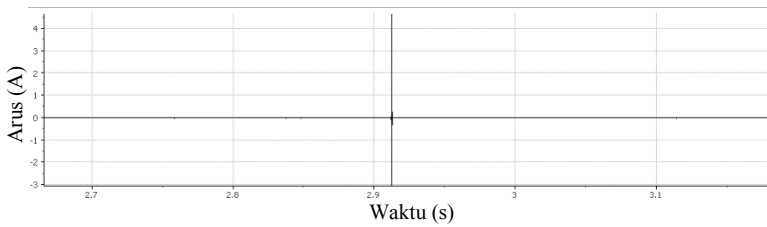
Gambar 4.41. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 4 Lampu



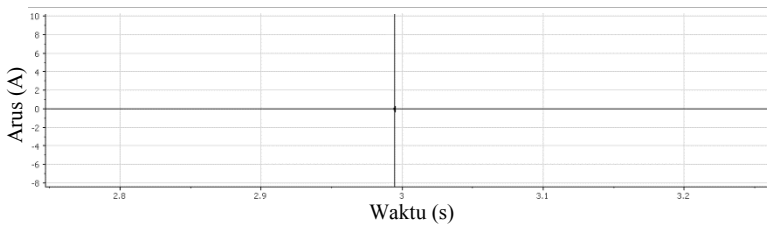
Gambar 4.42. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 5 Lampu



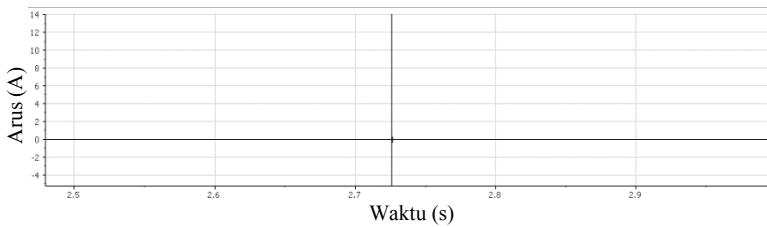
Gambar 4.43. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 6 Lampu



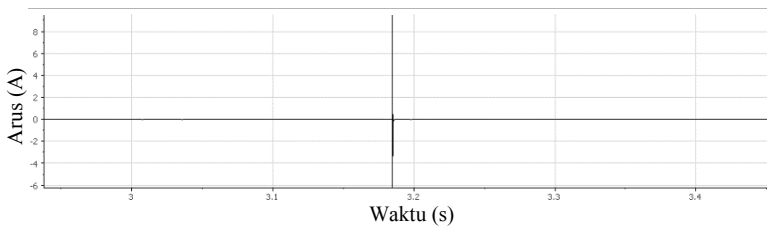
Gambar 4.44. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 7 Lampu



Gambar 4.45. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 8 Lampu



Gambar 4.46. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 9 Lampu

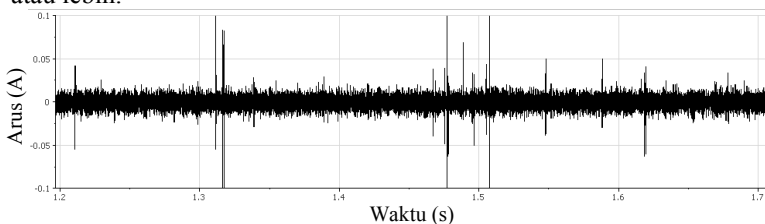


Gambar 4.47. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Switching* 10 Lampu

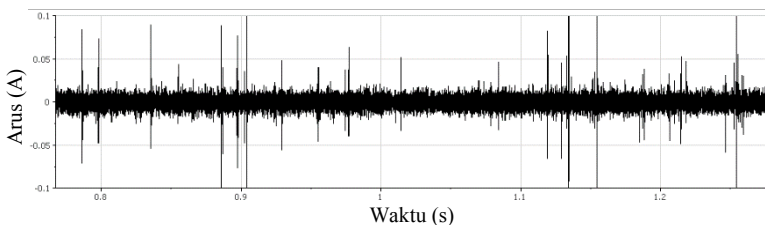
Dari data grafik sinyal arus HF kondisi *switching* yang telah disajikan, dapat dilihat bahwa penambahan jumlah beban lampu yang semakin banyak akan cenderung memperbesar magnitudo puncak atau lembah dari sinyal arus HF ketika *switching* terjadi.

4.3.3. Kondisi Arcing

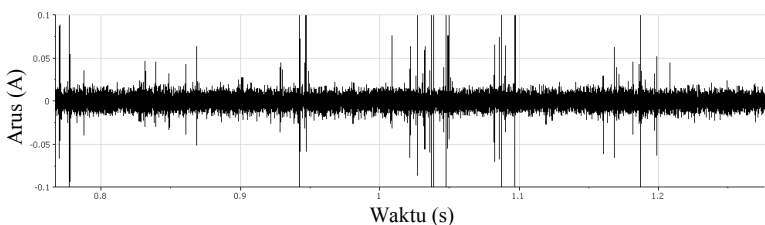
Berikut ini akan disajikan data grafik sinyal arus HF pada kondisi saat terjadi *arcing* seri. Data pada kondisi *arcing* hanya diambil pada pembebanan dengan 5 lampu hingga 10 lampu dikarenakan *arcing* seri lebih mudah untuk terjadi secara kontinu jika digunakan beban 5 lampu atau lebih.



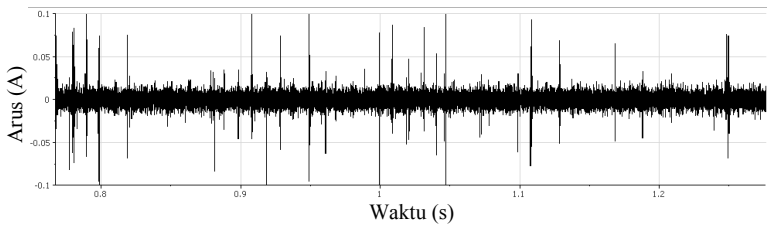
Gambar 4.48. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 5 Lampu



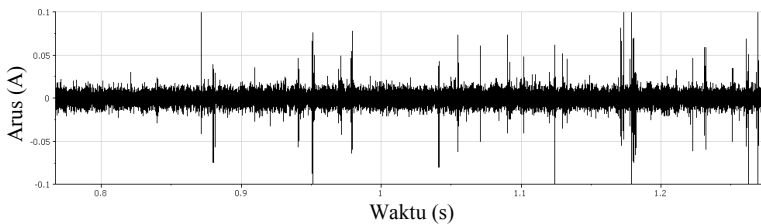
Gambar 4.49. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 6 Lampu



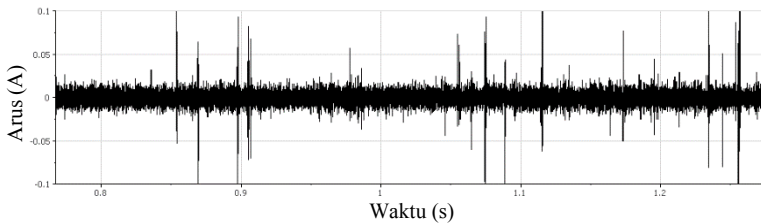
Gambar 4.50. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 7 Lampu



Gambar 4.51. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 8 Lampu



Gambar 4.52. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 9 Lampu



Gambar 4.53. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 10 Lampu

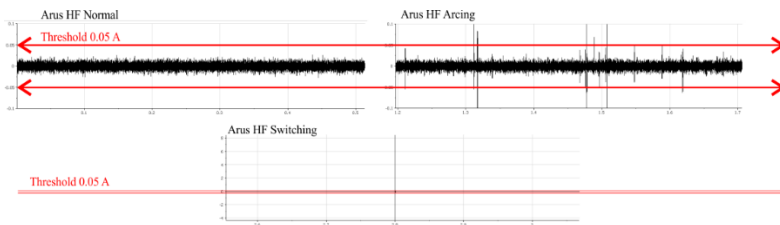
Dari data grafik sinyal arus HF yang telah disajikan sebelumnya, dapat dilihat perbedaan yang cukup jelas antara sinyal arus HF pada kondisi normal dengan kondisi *arcing*. Sinyal arus HF pada kondisi *arcing* memiliki banyak puncak-puncak yang menjalar keluar seperti *spike* atau impuls. Karakteristik inilah yang akan menjadi pembeda utama antara kondisi normal dengan kondisi saat terjadi *arcing*.

4.4. Analisa Penentuan Parameter Deteksi untuk Program Pendeteksi *Arcing*

Pada subbab ini akan dibahas mengenai bagaimana penentuan parameter-parameter pendeteksian pada program pendeteksian *arcing* yang telah dirancang pada perangkat lunak LabVIEW. Untuk

menentukan parameter-parameter tersebut, maka sinyal arus HF pada ketiga kondisi akan dibandingkan. Dari data grafik sinyal arus HF pada kondisi normal yang telah disajikan pada subbab sebelumnya, jika diamati kesepuluh data tersebut tidak ada yang nilai amplitudo sinyal nya melebihi 0.05 A, sementara untuk data grafik sinyal arus HF pada kondisi *arcing*, terlihat beberapa puncak-puncak sinyal arus yang nilainya melebihi 0.05 A, dan semakin banyak puncak-puncak yang melebihi nilai 0.05 A ketika beban lampu ditambah, yang dalam hal ini berdasarkan pengamatan ketika beban lampu ditambah maka *arcing* yang terjadi semakin sering. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang akan membedakan antara kondisi normal dengan kondisi saat terjadi *arcing*, sehingga nilai 0.05 A dapat dijadikan sebagai nilai *threshold arcing*.

Pada sinyal arus HF kondisi *switching*, dapat dilihat puncak gelombang sinyal arus naik atau turun dengan sangat tajam dengan amplitudo yang cukup besar, dimana nilai puncaknya dapat melebihi 1 A hingga maksimal adalah sebesar 14 A. Nilai puncak pada kondisi *switching* tidak pasti bernilai positif saja, dan kemungkinan juga dapat bernilai negatif, tergantung kondisi sinyal arus yang mengalir pada rangkaian apakah berada pada nilai positif atau negatif pada saat dilakukan *switching*. Kemudian, jumlah puncak yang melebihi *threshold* arus *arcing* pada saat dilakukan *switching* di kondisi normal hanya 1, tidak seperti pada saat kondisi *arcing* dimana jumlah puncak-puncak yang melebihi *threshold* dapat berjumlah lebih dari 1. Sehingga, untuk pembeda antara kondisi *switching* dengan *arcing* dapat digunakan sebuah *threshold switching* dengan magnitudo puncak yang lebih besar, dan penghitungan jumlah puncak yang melebihi *threshold arcing* dalam durasi waktu tertentu.

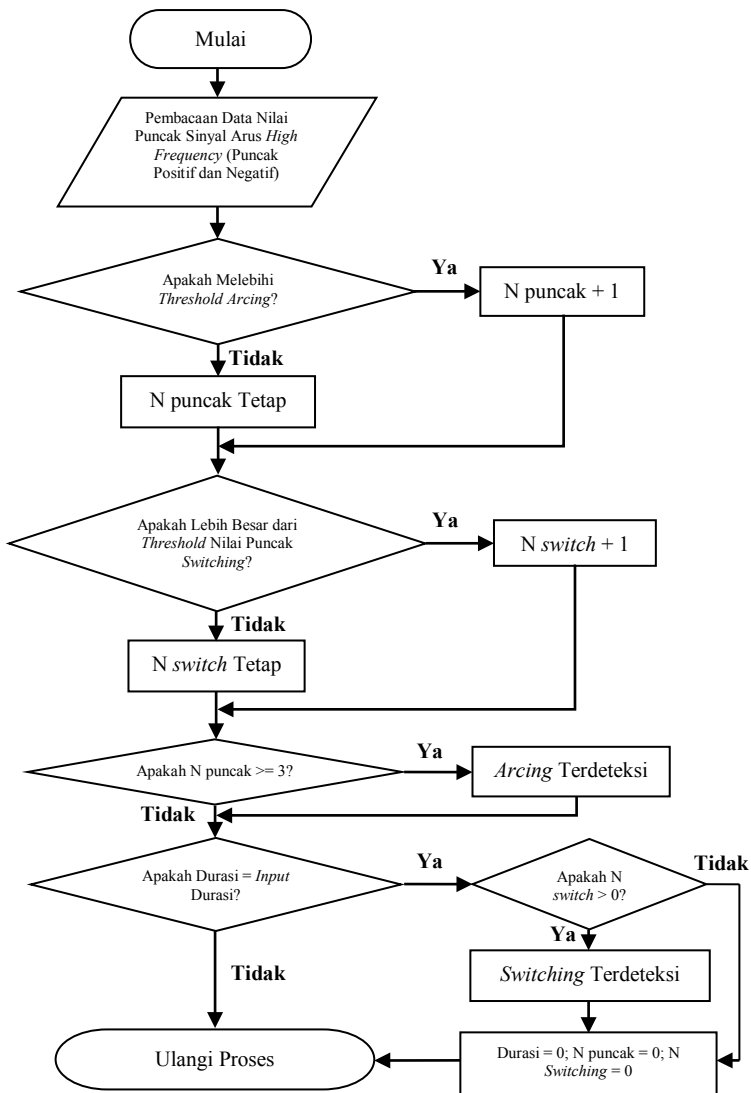


Gambar 4.54. Penjelasan Nilai *Threshold* untuk Pendeteksian *Arcing*

Pada gambar 4.54, dapat dilihat pada sinyal arus HF *arcing*, terdapat beberapa puncak arus yang melebihi nilai *threshold arcing*, sementara pada sinyal arus HF *switching*, hanya ada 1 puncak positif dan puncak negatif yang melebihi nilai *threshold arcing*. Maka, penghitungan jumlah puncak yang melebihi *threshold* diperlukan, untuk membedakan antara kondisi *switching* dengan *arcing*. Pada gambar 4.54 dapat dilihat jumlah puncak sinyal arus HF *arcing* yang melebihi *threshold* untuk *threshold* positif dan negatif ada 9 puncak. Bahkan ada puncak sinyal arus HF *arcing* yang dimana nilai puncak positif dan negatif nya melebihi *threshold* dalam waktu yang hampir bersamaan. Pada program LabVIEW, saat dilakukan perhitungan jumlah puncak, hal ini dapat terhitung sebagai 1 puncak, dan terkadang 2 puncak. Sehingga, ada kemungkinan pada kondisi *switching*, penghitungan jumlah puncak yang melebihi *threshold* bisa dianggap sebagai 2 puncak jika puncak positif dan negatif melebihi *threshold arcing* hampir dalam waktu yang bersamaan. Sehingga, untuk mencegah kesalahan pendeteksian *arcing*, maka *threshold* jumlah puncak harus lebih besar dari 2.

Pada gambar 4.54, data grafik sinyal arus HF pada ketiga kondisi tersebut menggunakan *window* waktu selama 500 milidetik. *Window* waktu, dalam hal ini dapat dianggap sebagai durasi pendeteksian. Durasi pendeteksian adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk menghitung jumlah puncak yang melebihi *threshold arcing*, sehingga jika durasi pendeteksian sudah habis, dan jumlah puncak arus belum sama dengan atau lebih besar dari *threshold* jumlah puncak, maka program pendeteksi tidak akan menganggapnya sebagai gangguan *arcing*, dan akan mengulang perhitungan jumlah puncak yang melebihi *threshold arcing* dari nol. Perhitungan durasi pendeteksian dimulai dari puncak pertama yang terdeteksi melebihi nilai *threshold arcing*.

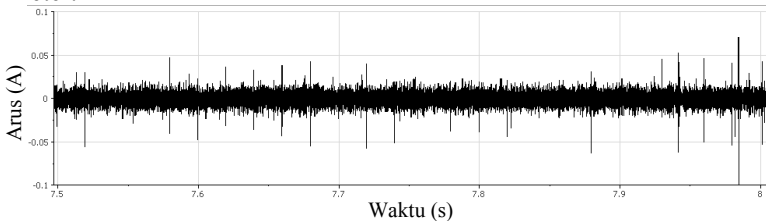
Pada halaman berikutnya, yaitu gambar 4.55 adalah sebuah *flowchart* yang menjelaskan algoritma program pendeteksian *arcing* seri.



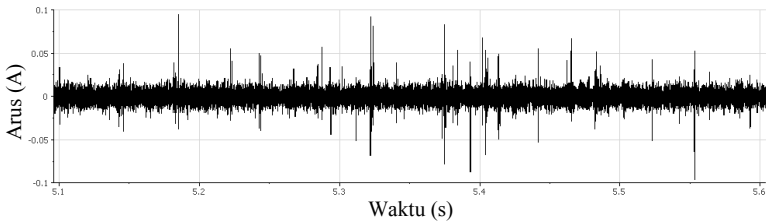
Gambar 4.55. Flowchart Algoritma Program Pendeteksian Arcing Seri

4.5. Analisa Impedansi Saluran

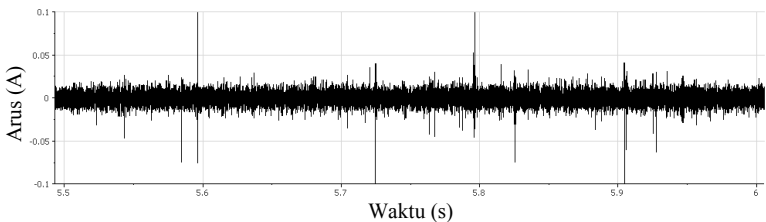
Pada subbab ini akan disajikan data grafik sinyal arus HF *arcing* dan analisa dari data sinyal arus yang telah disajikan pada eksperimen *arcing* dengan menggunakan kabel NYMHY 2x1.5mm² dengan panjang 12 meter. Hal ini untuk membandingkan kinerja program pendeteksi jika fenomena *arcing* berada pada lokasi yang cukup jauh. Berikut ini akan disajikan data grafik sinyal arus HF kondisi *arcing* pada percobaan dengan menggunakan kabel NYMHY 2x1.5mm² dengan panjang 12 meter.



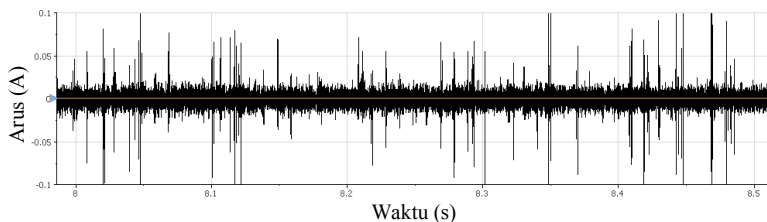
Gambar 4.56. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 5 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter



Gambar 4.57. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 6 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter



Gambar 4.58. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 7 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter



Gambar 4.59. Grafik Sinyal Arus HF pada Kondisi *Arcing* 8 Lampu pada Kabel NYMHY 12 Meter

Dari keempat data grafik arus HF, pada kondisi pembebanan 5 lampu, terlihat puncak-puncak yang dihasilkan pada saat terjadi peristiwa *arcing* seri amplitudo puncaknya tidak banyak yang melebihi *threshold* 0.05 A, jika dibandingkan dengan gambar pada subbab sebelumnya yaitu gambar 4.48. Dapat disimpulkan, sinyal-sinyal *arcing* mengalami atenuasi yang disebabkan oleh resistansi saluran kabel. Begitu pula pada jumlah pembebanan lampu lainnya, walaupun pada pembebanan lampu yang lebih besar masih ada beberapa puncak yang melebihi *threshold arcing*, akan tetapi jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan saluran kabel yang pendek. Maka oleh karena itu, jika sinyal karakteristik dari *arcing* menjadi lemah dikarenakan jarak saluran yang cukup panjang, maka nilai *threshold arcing* yang digunakan dapat diperkecil, sehingga *arcing* yang terjadi pada jarak yang jauh dapat terdeteksi.

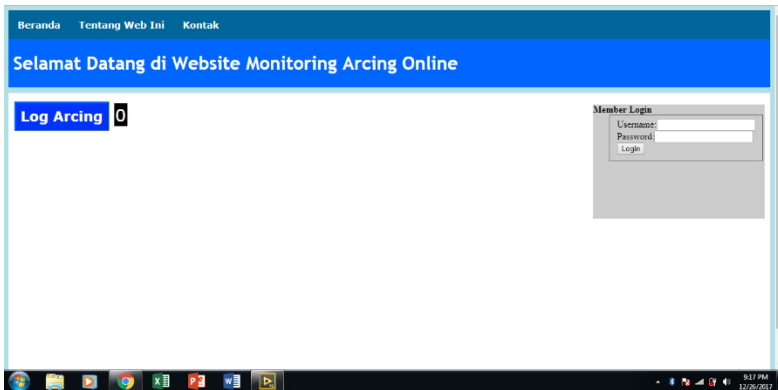
4.6. Uji Coba Akurasi Program Pendeteksi *Arcing*

Pada subbab ini akan disajikan tabel hasil pengujian program pendeteksi *arcing* yang telah dibuat. Digunakan *threshold arcing* sebesar 0.08 A, *threshold* jumlah puncak yang melebihi *threshold arcing* selama durasi adalah 3, *threshold switching* sebesar 1 A, dan digunakan durasi pendeteksian sekitar 1 detik. Berikut ini adalah tabel akurasi hasil uji coba program pendeteksi *arcing* yang telah dirancang pada program LabVIEW.

Tabel 4.2. Akurasi Hasil Pengujian Program Pendeteksi *Arcing*

No	Kondisi	Jumlah Lampu	Jumlah Percobaan	Persentase Keberhasilan (%)
1	Normal	1	5	100
2		2	5	100
3		3	5	100
4		4	5	100
5		5	5	100
6		6	5	100
7		7	5	100
8		8	5	100
9		9	5	100
10		10	5	100
11	<i>Switching</i>	1	5	100
12		2	5	100
13		3	5	100
14		4	5	100
15		5	5	100
16		6	5	100
17		7	5	100
18		8	5	100
19		9	5	100
20		10	5	100
21	<i>Arcing</i>	5	5	100
22		6	5	100
23		7	5	100
24		8	5	100
25		9	5	100
26		10	5	100
27	<i>Arcing Jarak 12 Meter</i>	5	5	100
28		6	5	100
29		7	5	100
30		8	5	100

4.7. Uji Coba Sistem Monitoring *Online* Pendeteksian *Arcing*

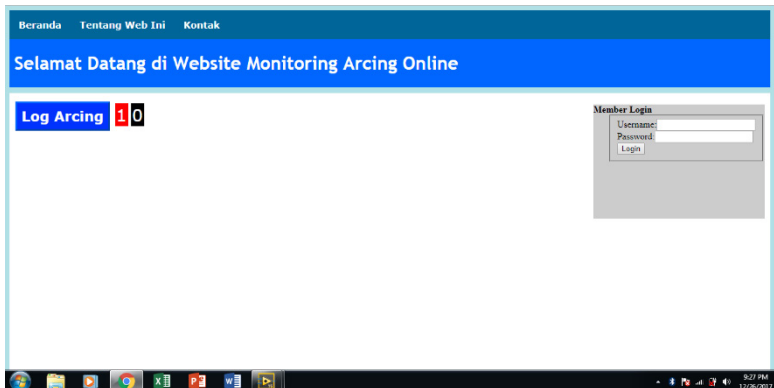


Gambar 4.60. Halaman Depan *Website Monitoring Arcing* Sebelum Pendeteksian *Arcing*

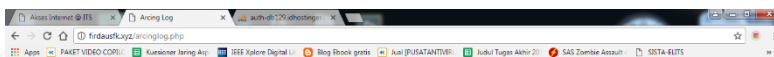
Pada subbab ini akan disajikan hasil unjuk kerja dari sistem monitoring *online arcing* seri tegangan rendah yang telah dirancang. Program LabVIEW pendeteksi *arcing* dirancang agar dapat mengirim data log (catatan) pendeteksian ke *database* MySQL yang ada pada *webhost server* di internet setiap kali terdeteksi adanya *arcing* pada rangkaian. Data yang dikirim ke *database* antara lain waktu pendeteksian (tanggal dan waktu), lokasi pendeteksian (sensor mana yang membaca adanya *arcing*), dan jenis *arcing* (paralel atau seri). Untuk penelitian ini, dikarenakan masih menggunakan 1 *channel* input saja pada NI DAQ 9246, dan *arcing* yang diteliti adalah *arcing* seri, maka lokasi pendeteksian akan dinamakan 'Sensor 1' dan jenis *arcing* adalah 'Arcing Seri'. Gambar 4.60 adalah kondisi awal dari halaman *website* monitoring *online* ketika belum ada *arcing* yang terdeteksi.

Setelah program LabVIEW mendeteksi adanya *arcing*, maka program LabVIEW akan mengirim data ke *database* MySQL yang ada di server *webhost* di internet. Dapat dilihat pada gambar 4.61, notifikasi jumlah log *arcing* baru (kotak berwarna merah) yang terdeteksi muncul.

Untuk melihat data log *arcing*, seperti waktu terdeteksinya *arcing*, lokasi terdeteksinya, dan jenis *arcing* yang terdeteksi, maka pengguna dapat mengakses halaman *web* yang menampilkan data-data log *arcing* seperti pada gambar 4.62.



Gambar 4.61. Halaman Depan *Website Monitoring Arcing* Setelah Pendeteksian *Arcing*



Log Deteksi Arcing

Data Log Arcing Terbaru

No	Waktu (UTC +06:00)	Lokasi	Jenis
1	2017-12-26 14:56:09	Sensor 1	Arcing Sen

Data Log Arcing yang Sudah Dilihat

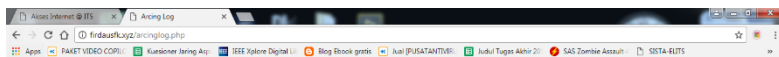
Tidak ada data yang ditemukan

[Kembali ke halaman utama](#)



Gambar 4.62. Halaman Data Log *Arcing* yang Telah Terdeteksi

Data log *arcing* yang ditampilkan pada halaman tersebut merupakan data yang diambil dari *database* MySQL yang ada pada *webhost server*. Kemudian, jika pengguna telah melihat data log *arcing* tersebut, maka data log tersebut akan berubah status nya menjadi sudah terbaca. Jika pengguna mengakses kembali halaman tersebut, maka data log *arcing* akan berpindah kebawah *header* yang menginfokan bahwa data log tersebut sudah dilihat. Gambar 4.63 adalah contoh tampilan halaman *web* ketika terdapat 2 data log *arcing* yang telah dibaca oleh pengguna dan 1 log *arcing* baru yang baru saja dibaca oleh pengguna.



Log Deteksi Arcing

Data Log Arcing Terbaru

No	Waktu (UTC +06:00)	Lokasi	Jenis
3	2017-12-26 14:32:20	Sensor 1	Arcing Seri

Data Log Arcing yang Sudah Dilihat

No	Waktu (UTC +06:00)	Lokasi	Jenis
1	2017-12-26 14:26:02	Sensor 1	Arcing Seri
2	2017-12-26 14:28:19	Sensor 1	Arcing Seri

[<< Kembali ke halaman utama](#)



Gambar 4.63. Halaman Data Log *Arcing* dengan Beberapa Log *Arcing* Sudah Terbaca dan Log *Arcing* Baru

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan eksperimen dan pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sinyal arus *arcing* seri memiliki karakteristik *noise* yang menyebar pada frekuensi tinggi. Hal ini dibuktikan oleh adanya puncak dan lembah (puncak negatif) pada sinyal arus frekuensi tinggi yang memiliki magnitudo lebih besar dibandingkan puncak dan lembah rata-rata sinyal arus pada frekuensi tinggi.
2. Kondisi *arcing* dapat dibedakan dari kondisi normal dan *switching* (penambahan beban) dari jumlah puncak atau lembah yang banyak dan cenderung acak. Sinyal arus HF kondisi normal cenderung merata magnitudo gelombangnya yaitu sekitar $\pm 0.04\text{A}$, sedangkan sinyal arus HF kondisi *switching* umumnya memiliki satu puncak atau lembah yang memiliki magnitudo yang besar yang biasanya lebih besar dari $\pm 1\text{ A}$.
3. Perangkat lunak LabVIEW dapat mengirim data ke *database* MySQL yang ada pada *webhost server* untuk menyimpan data log pendeteksian *arcing*. Data yang tersimpan di *database* MySQL dapat dipanggil untuk ditampilkan pada sebuah halaman *web* yang diakses oleh pengguna.
4. Impedansi saluran yang semakin besar dapat menyebabkan sinyal karakteristik dari *arcing* mengalami atenuasi, sehingga nilainya dapat menjadi lebih kecil dari *threshold arcing*, dan *arcing* tidak terdeteksi. Sehingga, *threshold arcing* harus diperkecil untuk rangkaian dengan impedansi saluran yang cukup tinggi agar sistem pendeteksian menjadi lebih sensitif.

5.2. Saran

Penelitian ini telah sukses meng'*online*'kan program pendeteksi *arcing* seri berbasis LabVIEW. Akan tetapi, beban yang digunakan pada eksperimen ini masih menggunakan beban resistif murni, sehingga sistem ini masih belum cukup kompleks untuk bisa diaplikasikan di lapangan, dimana berbagai jenis beban ada, baik linier maupun non-

linier, beban yang menghasilkan harmonisa cukup tinggi, dan beban yang menghasilkan karakteristik-karakteristik yang mirip seperti *arcing*.

Kemudian sistem ini juga pada saat ini hanya dapat mendeteksi *arcing* jenis seri saja, sehingga dibutuhkan pengembangan lebih lanjut agar juga dapat mendeteksi dan mengirim log data pendeteksian ketika mendeteksi adanya *arcing* paralel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ketenagalistrikan, D.J. *Statistik Ketenagalistrikan 2014*. 2015, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. p. 22.
- [2] A. Wicaksono, D.A. Asfani, dan I.M.Y. Negara, *Desain dan Implementasi Peralatan Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis Labview*, Undergraduate Thesis, Surabaya:ITS, 2017.
- [3] K.Mishra, A.Routray, and A. K. Pradhan, “*Detection of Arcing in Low Voltage Distribution Systems*”, IEEE Region 10 Colloquium and the Third International Conference on Industrial and Information Systems 2008, pp. 1-3.
- [4] “*Arc Fault*”. www.orilliahomeinspector.biz.
- [5] National Fire Protection Association, “*NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*”, NFPA 2004.
- [6] “Do Rats Chew on Electrical Wires in the Attic?”. *Wildlife Removal Blog*. www.aaanimalcontrol.com
- [7] “The Case of The Treadmill Tragedy”. *EC&M*. www.ecmweb.com
- [8] Gregory, G.D. and G.W. Scott, *The arc-fault circuit interrupter: an emerging product*. IEEE Transactions on Industry Applications, 1998. 34(5): p. 928-933.
- [9] Restrepo, Carlos E. *Arc Fault Detection and Discrimination Methods*. IEEE Journal, 2007.
- [10] Giovanni A., Antonio C., Valentina C., Giuseppe P., *Experimental Characterization of Series Arc Faults in AC and DC Electrical Circuits*. IEEE Journal, 2014.
- [11] N. K. Medora and A. Kusko, “*Arcing Faults In Low And Medium Voltage Electrical Systems - Why Do They Persist?*”, 2011, pp. 1–6.
- [12] Wiryatama, R., *Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Tegangan Rendah pada Hubung Singkat Langsung melalui Sinkronisasi Penginderaan Termal Bunga Api dan Arus Hubung Singkat*. Undergraduate Thesis, Surabaya:ITS, 2017.

.

.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Firdaus Fajar Kurniawan, adalah anak pertama dari tiga bersaudara. Lahir pada tanggal 26 Agustus 1995 di Kediri, Jawa Timur. Penulis setelah sempat beberapa saat tinggal di Tangerang, Jakarta, karena tuntutan kerja orangtua harus pindah saat usia belia dan dibesarkan di Bontang, Kalimantan Timur semenjak menempuh pendidikan dari TK sampai tamat SMA. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD YPVDP Bontang, SMP YPVDP Bontang, dan SMA YPVDP Bontang. Penulis melalui jalur Kemitraan dan Mandiri kemudian diterima sebagai salah satu mahasiswa di jurusan S1 Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama masa kuliah, penulis aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan event tingkat jurusan maupun tingkat institut, seminar, dan mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan oleh laboratorium PSSS dan laboratorium Tegangan Tinggi. Penulis dapat dihubungi via email firdaus.f2k@gmail.com.